

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ (Τ.Ε.Ι.)

ΤΜΗΜΑ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΣΟΡΓΟ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΙΑ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: DR. ΘΕΟΔΩΡΟΣ Χ. ΒΑΡΖΑΚΑΣ

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2012

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
-----------------------	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1°

1.1 ΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΓΕΝΙΚΑ	7
1.1.1 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ	8

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°

2.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ	9
2.1.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΑΙΘΑΝΟΛΗ	10
2.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΕΝΑΝΤΙ ΤΗΣ ΒΕΝΖΙΝΗΣ ...	12
2.3 ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ	13
2.4 ΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΟΦΕΛΗ ΤΗΣ ΑΙΘΑΝΟΛΗΣ	14
2.5 Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ	15
2.5.1 ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗ ΖΥΜΩΣΗ	19
2.5.2 ΘΕΡΜΟΧΗΜΙΚΗ ΠΡΟΕΡΓΑΣΙΑ	20
2.6 ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ ΣΑΝ ΚΑΥΣΙΜΟ ΚΙΝΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	20
2.7 ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ	21
2.8 ΑΝΑΓΚΕΣ ΣΕ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ	24
2.9 Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	26

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3°

3.1 ΒΙΟΜΑΖΑ	30
3.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	31
3.2.1 ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	32
3.2.2 ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	33

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

4.1 ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ Κ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ.....	44
--	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΕΩΣ

5.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΝΑΓΟΝΤΩΝ ΣΑΚΧΑΡΩΝ D.N.S.	50
5.1.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ D.N.S.	50
5.1.2 ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΑΝΑΓΟΝΤΩΝ ΣΑΚΧΑΡΩΝ	50
5.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΟΛΙΚΩΝ ΣΑΚΧΑΡΩΝ	51
5.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ ΑΙΘΑΝΟΛΗΣ	52

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ <i>S.Cerevisiae</i>	54
6.1 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΤΕΛΕΧΩΝ <i>SACCHAROMYCES CEREVISIAE</i>	55
6.2 ΕΜΒΟΛΙΑΣΜΟΣ ΣΕ ΥΓΡΟ ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	56
6.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΞΗΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΜΕ ΦΥΤΟΚΕΝΤΡΗΣΗ ..	57
6.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΝΑΓΟΝΤΩΝ ΣΑΚΧΑΡΩΝ ΚΑΘΕ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ	58
6.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ	59

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

7.1 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΓΛΥΚΟ ΣΟΡΓΟ	61
7.2 ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	61
7.3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΧΥΜΟ ΓΛΥΚΟΥ ΣΟΡΓΟΥ	63
7.3.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	63
7.3.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΖΥΜΩΣΗΣ ΧΥΜΟΥ ΓΛΥΚΟΥ ΣΟΡΓΟΥ	64
7.4 ΧΗΜΙΚΗ ΥΔΡΟΛΥΣΗ ΒΛΑΣΤΩΝ ΣΟΡΓΟΥ	66
7.4.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	66

7.4.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	66
--------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

8.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	69
------------------------	----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	71
---------------------------	----

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με το πέρας της πτυχιακής μου εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω τη βαθιά μου εκτίμηση και τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους όσους με βοήθησαν για την εκπόνηση της.

Θεόδωρο Βαρζάκα, Χημικό τροφίμων και επιβλέποντα καθηγητή, για την πολύτιμη συνεισφορά του, τις συμβουλές του και την επιστημονική οριοθέτηση της εργασίας.

Δημήτριο Αράπογλου, Dr. Γεωπόνο του τμήματος ΤΕ.ΓΕ.Π του Εθνικού Ινστιτούτου Αγροτικής Έρευνας (ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε) για την παροχή βιβλιογραφίας, καθώς και για την καθοδήγηση που μου παρείχε κατά την πραγματοποίηση της πρακτικής μου άσκησης στην υπηρεσία.

Επιθυμώ επίσης να ευχαριστήσω όλους τους γεωπόνους και ερευνίτες για τις πολύτιμες συμβουλές που μου προσέφεραν, ώστε να ολοκληρωθεί η προσπάθεια αυτή.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η αξιοποίηση των αποβλήτων της βιομηχανίας τροφίμων που στην προκειμένη περίπτωση είναι το σόργο ,με σκοπό να παραχθεί ένα υγρό βίο-καύσιμο, η αιθανόλη.

Η αιθανόλη στη μέρες μας χρησιμοποιείται αντικαθιστώντας άλλα υγρά καύσιμα που επιφέρουν τόσο επιβλαβείς συνέπειες προς το περιβάλλον όσο και καθιστούν την ανθρωπότητα απόλυτα εξαρτημένη από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Η πρώτη ύλη της αιθανόλης είναι η βιομάζα, η οποία υπόκειται σε ζυμώσεις μικροοργανισμών που έχουν την ικανότητα να μετατρέπουν τα ελεύθερα σάκχαρα σε αιθανόλη.

Στόχος της παρούσας διατριβής είναι η μεγιστοποίηση των ελευθέρων σακκάρων, με την κατάλληλη προετοιμασία του δείγματος καθώς και η μεγιστοποίηση της απόδοσης παραγωγής αιθανόλης από την πολτοποίηση του σόργου.

Οι δύο τρόποι επεξεργασίας που αναλύονται παρακάτω είναι: η μικροβιακή ζύμωση με κατάλληλα για ζύμωση στελέχη και η θερμοχημική επεξεργασία των στελεχών αυτών με αποτέλεσμα την παραγωγή βιο-αιθανόλης.

Τέλος οι μέθοδοι αυτοί, θα συγκριθούν ως προς την αποδοτικότητα τους να παραγάγουν αιθανόλης από την επεξεργασία όλων των στελεχων του σόργου, με αποτέλεσμα να επιλεγθεί η αποτελεσματικότερη μέθοδος που περαιτέρω θα χρησιμοποιηθεί σε βιομηχανική κλίμακα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

1.1 ΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΓΕΝΙΚΑ

Καύσιμα: λέγονται οι ουσίες οποίες κατά την ένωση τους με οξυγόνο παράγεται θερμότητα, επειδή οι αντιδράσεις καύσεως είναι εξώθερμες. Τα καύσιμα χρησιμοποιούν μια πληθώρα τεχνικών εφαρμογών για την παραγωγή ενέργειας, όπως και με την θερμότητα.

Ένα μεγάλο πλήθος ουσιών φυσικής ή τεχνητής προέλευσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν καύσιμα, αλλά λίγα από αυτά έχουν πρακτική αξία για παραγωγή ενέργειας. Για παράδειγμα τα μέταλλα δεν καίγονται (εκτός από το μαγνήσιο), όμως κάποια μέταλλα ενώνονται με το οξυγόνο πολύ εύκολα, κάτω από ορισμένες συνθήκες. Η θερμότητα αυτή που παράγεται δεν είναι τεχνικά εκμεταλλεύσιμη.

Για να οριστεί λοιπόν μια ουσία καύσιμο, θα πρέπει να είναι τεχνητά εκμεταλλεύσιμη να μπορεί δηλαδή να μετατραπεί σε μηχανικό έργο σε θερμικές μηχανές.

Η ανάπτυξη όμως της πυρηνικής φυσικής και της πυρηνικής τεχνολογίας, έχει διευρύνει τον όρο καύσιμο, όχι μόνο ουσίες που προέρχονται από καύση, αλλά και από τις πυρηνικές αντιδράσεις.

Άρα ο όρος καύσιμα για την τεχνολογία είναι:

Καύσιμα είναι ουσίες που απελευθερώνουν ενέργεια κατά μια συμβατική ή πυρηνική αντίδραση και η ενέργεια αυτή είναι εκμεταλλεύσιμη δηλαδή μπορεί να μετατραπεί σε μηχανικό έργο από θερμικές μηχανές.

Ιστορικά, τα πρώτα καύσιμα που χρησιμοποιήθηκαν από τον άνθρωπο, ήταν τα βιοκαύσιμα. Από ξύλο, λίπος, φυτικά λάδια αλλά και από άλλα αποστάγματα.

(<http://el.wikipedia.org/wiki/Καύσιμα>)

«

1.1.1 Κατάταξη βιοκαυσίμων

Μπορούν να καταταγούν με πολλούς τρόπους. Ένας βασικός τρόπος είναι:

- ✓ Συμβατικά καύσιμα (παιτρέλαιο)
- ✓ Πυρηνικά καύσιμα (ουράνιο)

Τα συμβατικά με βάση τις φυσικές τους ιδιότητες κατατάσσονται σε:

- ✓ Στερεά καύσιμα (λιγνίτης, ανθρακίτης)
- ✓ Υγρά καύσιμα (βενζίνη, κηροζίνη)
- ✓ Αέρα καύσιμα (υγραέριο, φυσικό αέριο)

<http://el.wikipedia.org/wiki/Καύσιμα>



Εικόνα 1. Αιθανόλη από καλαμπόκι

Κεφάλαιο 2ο

2.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ;

Η αρχή των καυσίμων που χρησιμοποιούνται ως υποκατάστατο της βενζίνης για τα σχήματα οδικών μεταφορών είναι η βιοαιθανόλη. Η βιοαιθανόλη ως καύσιμο παράγεται κυρίως από την διαδικασία ζύμωσης των σακχάρων, αν και μπορεί επίσης να κατασκευαστεί με τη διαδικασία της χημικής αντίδρασης του αιθυλενίου με ατμό.

Οι κύριες πηγές σακχάρων που απαιτούνται για την παραγωγή αιθανόλης προέρχεται από καύσιμα ή τις ενεργειακές καλλιέργειες. Αυτά τα φυτά που καλλιεργούνται ειδικά για την χρήση της ενέργειας είναι στο καλαμπόκι, το σόργο, το σιτάρι, η αγκινάρα Ιερουσαλήμ, τα πριονίδια, ιπιές και δημοφιλή δέντρα, άχυρο αποβλήτων. Υπάρχει επίσης εν εξελίξει έρευνα και ανάπτυξη σχετικά με την χρήση των αστικών στερεών αποβλήτων για την παραγωγή καυσίμου αιθανόλης.

Αιθανόλη ή αιθυλική αλκοόλη είναι ένα διαυγές άχρωμο υγρό, βιοαποικοδομήσιμο, με χαμηλή τοξικότητα και προκαλεί ελάχιστη ρύπανση στο περιβάλλον αν κυθεί. Η αιθανόλη αν καεί παράγει διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Η αιθανόλη είναι ένα καύσιμο υψηλών οκτανίων και έχει αντικατασταθεί ως ενισχυτής οκτανίων στην βενζίνη. Επίσης με την προσθήκη της αιθανόλης με βενζίνη μπορούμε με τις οξυγονούχες ενώσεις και το μείγμα καυσίμου να καίγεται πληρέστερα και να μειωθούν οι εκπομπές των ρύπων. Τα μείγματα της αιθανόλης που πωλούνται ευρύτατα στις Η.Π.Α. η πιο συνηθισμένη είναι μείγμα 10% αιθανόλης και 90% βενζίνης. Μόνο ευέλικτα οχήματα καυσίμων μπορούν να λειτουργήσουν με 85% αιθανόλη και 15% μείγματα βενζίνης. Στην εικόνα 2 απεικονίζεται ο κύκλος που διανύεται για να παραχθεί η αιθανόλη. Από την καλλιέργεια μέχρι και τα καύσιμα που χρησιμοποιώντας τα καύσιμα παράγεται διοξείδιο του άνθρακα και αυτό εισέρχεται ξανά στην αρχική καλλιέργεια. Οπότε σχηματίζεται ένας επαναλαμβανόμενος κύκλος.



Εικόνα 2. Κύκλος για την παραγωγή αιθανόλης

2.1.1 Τι είναι αιθανόλη;

Η αιθανόλη είναι ένα καθαρό και διαυγές εύφλεκτο υγρό με χαρακτηριστικό άρωμα.

Η αιθανόλη ή αιθυλική αλκοόλη ή απλά οινόπνευμα είναι μια χημική οργανική ένωση, αποτελούμενη από δύο άτομα άνθρακα, υδρογόνο και μια ομάδα υδροξυλίου (OH) και ανήκει στην ομόλογη σειρά των κορεσμένων μονοσθενών αλκοολών ($C_nH_{2n+1}O$). Ο χημικός τύπος της είναι CH_3-CH_2-OH .

Η λέξη alcohol είναι αραβικής προέλευσης (*al-kuhul*), που χαρακτήριζε στα αρχαία χρόνια κάθε είδους πούδρας αντιμονίου εξαιρετικής ποιότητας. Οι μεσαιωνικοί αλχημιστές, αργότερα, έδωσαν τον όρο αυτό σε προϊόντα που προέρχονται από απόσταξη.

Η αιθανόλη τήκεται πλήρως στους $-114,1^\circ C$, και βράζει στους $78,5^\circ C$. Έχει πυκνότητα $0,789g/ml$ στους $20^\circ C$.

Από τα αρχαία χρόνια, η αιθανόλη παραγόταν από ζύμωση σακχάρων. Συνεχίζεται να παράγεται μέχρι και σήμερα με αυτόν τον τρόπο πάνω από το μισό της παραγωγής της.

Τα σάκχαρα αποτελούν τα ακατέργαστα συστατικά της αιθανόλης. Τα απλά σάκχαρα μετατρέπονται μέσω ενός ενζύμου από προζύμη ή Zymase σε αιθανόλη και διοξείδιο του άνθρακα. Αντίδραση που λαμβάνει χώρα κατά την ζύμωση αναπαριστάται από το χημικό τύπο :



Ο χημικός αυτός τύπος είναι πολύ σύνθετος, καθώς οι καλλιέργειες παράγουν ποικίλα συστατικά, όπως της γλυκερίνης, καθώς και άλλα οργανικά οξέα. Η γεύση που περιέχεται στα αλκοολούχα ποτά, προέρχονται από αυτές τις προσμίξεις.

Το άμυλο όμως κατά την παραγωγή της αιθανόλης, μέσω ζύμωσης, θα έπρεπε να έχει διασπαστεί σε ελεύθερα σάκχαρα. Τα απλά σάκχαρα διασπώνται με κατάλληλα ένζυμα ή με κατάλληλα μίγματα αντιδραστηρίων, τα οποία διασπάνε τις αλυσίδες αμύλου σαν επόμενο στάδιο από την θερμική επεξεργασία του διαλύματος αμύλου.

Η αιθανόλη παράγεται από μια σειρά ζυμώσεων σε συγκεντρώσεις λίγο παραπάνω από το 14%. Αρκετά πάνω από το ποσοστό αυτό το ένζυμο Zymase καταστρέφεται και η ζύμωση σταματά. Η αιθανόλη που προέρχεται από αποστάγματα υδατικών διαλυμάτων, περιέχει 96% αιθανόλη και 4% νερό.

Η αιθανόλη του εμπορίου περιέχει 95% αιθανόλη και 5% νερό. Αφυδατικοί παράγοντες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αφαιρεθεί το ποσοστό νερού που δεν χρειάζεται και έπειτα να παραχθεί η καθαρή αιθανόλη.

2.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΕΝΑΝΤΙ ΤΗΣ ΒΕΝΖΙΝΗΣ

Κύρια πλεονεκτήματα της βιοαιθανόλης σε σχέση με την βενζίνη είναι ότι θεωρητικά είναι CO₂ – ουδέτερη, κατά την καύση της εκπέμπονται μικρότερες ποσότητες ρύπων, είναι βιοαποδομήσιμη και συμβάλλει στην αειφορία, ενώ πρακτικά δεν παράγονται οξείδια του θείου.

Επιπρόσθετα, η αιθανόλη δεν περιέχει επικίνδυνους αρωματικούς υδρογονάνθρακες, όπως για παράδειγμα βενζένιο το οποίο είναι καρκινογόνο, ενώ πλεονεκτεί και στις εκπομπές μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα.

Ειδικότερα, η προσθήκη 5% αιθανόλης σε βενζίνη μειώνει κατά 7% τους αρωματικούς υδρογονάνθρακες και κατά 50% τις εκπομπές CO₂. Έρευνες στη Γαλλία δείχνουν ότι μίξη αιθανόλης κατά 5-7% με βενζίνη μειώνει τις εκπομπές CO κατά 15-40% με αντίστοιχες μελέτες στις ΗΠΑ να δείχνουν μείωση κατά 11-30%.

Επίσης η χρήση βιοαιθανόλης ως καύσιμο οδηγεί σε μείωση της φωτοχημικά σχηματιζόμενης αιθαλομίχλης στην ατμόσφαιρα.

Εκτός από την μείωση της μη σημειακής ρύπανσης, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση ατυχημάτων ή διαρροών πετρελαιοειδών, διότι έχει πολύ χαμηλή τοξικότητα σε σχέση με τα πετρελαιοειδή και είναι άμεσα βιοαποδομήσιμη στο νερό και το έδαφος.

Εστιάζοντας στις καθαρές εκπομπές CO₂ από την χρήση αιθανόλης ως καύσιμο, δηλαδή λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των εκπομπών κατά την παραγωγή (καλλιέργεια, βιομηχανία) και την καύση, τα αποτελέσματα ποικίλουν ανάλογα με την πρώτη και τη μέθοδο παραγωγής.

Στο μοντέλο των ΗΠΑ, δηλαδή την παραγωγή αιθανόλης από καλαμπόκι η μείωση CO₂ είναι μόνο 15-25% σε σχέση με την βενζίνη.

Αντιθέτως, η αιθανόλη που παράγεται από ζαχαροκάλαμο με το βραζιλιάνικο μοντέλο συντελεί σε μείωση μέχρι και 90% των CO₂ σε σχέση με την βενζίνη.

Τέλος, η χρήση κυτταρινικής αιθανόλης μειώνει τις εκπομπές CO₂ κατά 70-90% ενώ στην περίπτωση που κατά την παραγωγική διαδικασία γίνει και συμπαραγωγή θερμότητας ηλεκτρισμού από τη βιομάζα, τότε οι εκπομπές CO₂ είναι μηδενικές (100% μείωση).

2.3 ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ

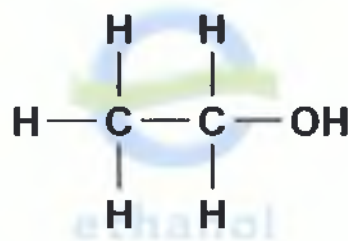
Υπάρχουν σίγουρα και λόγοι που καθιστούν δύσκολο να αντικατασταθούν τα καθιερωμένα καύσιμα που χρησιμοποιούμε από την βιοαιθανόλη.



Εικόνα 3. Σορός από βιομάζα

Λόγω όμως ότι η αιθανόλη παράγεται από γεωργικά προϊόντα και υποπροϊόντα, τα αμυλούχα και σακχαρούχα γεωργικά προϊόντα θα αποκτήσουν αναμφισβήτητα πολύ υψηλό κόστος λόγω της αυξημένης ζήτησης τους. Παρόλα αυτά, η βιοαιθανόλη παράγεται κυρίως από λιγνοκυτταρινούχα κατάλοιπα. Τις περισσότερες φορές αντιμετωπίζονται

αρκετές δυσκολίες κατά την υδρόλυση της λιγνοκυτταρίνης που περιέχουν, καθώς και δυσκολίες κατά την συλλογή και την αποθήκευση λόγω του μεγάλου όγκου από τα αποθέματα της βιομάζας.



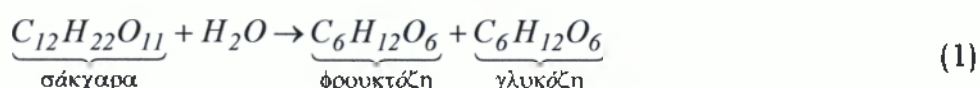
2.4 ΠΟΙΑ ΤΑ ΟΦΕΛΗ ΤΗΣ ΑΙΘΑΝΟΛΗΣ;

Η βιοαιθανόλη παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα έναντι των συμβατικών καυσίμων. Προέρχεται από ανανεώσιμες καλλιέργειες, δηλαδή τους πόρους και δεν είναι από πεπερασμένους πόρους. Ένα άλλο πλεονέκτημα σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα είναι οι εκπομπές των αερίων στο θερμοκήπιο. Η αρχή του οδικού δικτύου μεταφορών για το 20% του συνόλου των εκπομπών του θερμοκηπίου με την χρήση της βιοαιθανόλης ορισμένες από αυτές θα μειωθούν γιατί οι καλλιέργειες των καυσίμων απορροφούν το διοξείδιο του άνθρακα που εκπέμπουν μέσω της καλλιέργειας. Επίσης η ανάμειξη της βιοαιθανόλης στη βενζίνη θα συμβάλει στην παράταση της ζωής τοθ UKS το οποίο μειώνει τον εφοδιασμό με πετρέλαιο και εξασφαλίζει μεγαλύτερη ασφάλεια, αποφεύγοντας βαριά εξάρτηση από το πετρέλαιο που παράγουν τα έθνη. Με την ενθάρρυνση της χρήσης βιοαιθανόλης, η αγροτική οικονομία θα λάβει μια ώθηση για την καλλιέργεια των απαραίτητων καλλιεργειών. Επιπλέον, με την χρήση της βιοαιθανόλης τους παλαιότερους κινητήρες μπορεί να βοηθήσει να μειωθεί το ποσό του μονοξειδίου του άνθρακα που παράγεται από το όχημα και έχει συνέπεια στην βελτίωση της ποιότητας του αέρα. Ένα άλλο πλεονέκτημα της βιοαιθανόλης είναι η ευκολία με την οποία μπορεί να ενσωματωθεί εύκολα στο υπάρχων σύστημα μεταφορών των καυσίμων κίνησης. Σε ποσότητες μέχρι 5%, η βιοαιθανόλη μπορεί να αναμειχθεί με συμβατικά καύσιμα και δεν είναι ανάγκη η τροποποίηση του κινητήρα.

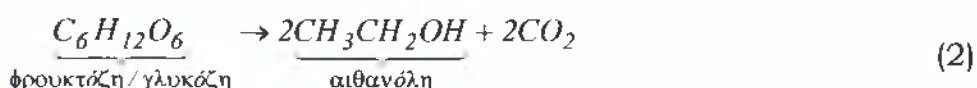
2.5 Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ

Η παραγωγή αιθανόλης είναι απλή και παρασκευάζεται μέσω αλκοολικής ζύμωσης. Η βιοαιθανόλη παράγεται με τη μέθοδο της ενζυματικής υδρόλυσης. Τα εργοστάσια είναι τεράστια αποστακτήρα. Υπάρχουν φυτά στα οποία θα πρέπει πρώτα να θρυμματιστούν (όπως είναι το ζαχαροκάλαμο και το γλυκό σόργο), με τον οποίο γίνεται η αποχύμωση (μηχανικά με πίεση) και με την προσθήκη ζεστού νερού γίνεται η εκχύλιση και η συλλογή του υδατικού σακχαρούχου διαλύματος.

Υπάρχουν όμως και φυτά (όπως τα σιτηρά, σιτάρι, κριθάρι, καλαμπόκι) που απαιτείται προσθήκη ενζύμων, όπως είναι οι αμυλάσες, για την διάσπαση του αμύλου σε σάκχαρα. Κατά την ενζυματική υδρόλυση η βιομάζα υφίσταται την διεργασία της υδρόλυσης κατά την οποία τα μεγάλα μόρια αμύλου και σακχαρόζης διασπώνται σε μικρότερα μόρια σακκάρων, τα οποία μπορούν να ζυμωθούν και να μετατραπούν σε αιθανόλη. Η μαγιά περιέχει το ένζυμο invertase που δρα ως καταλύτης και βοηθά στην μετατροπή σακκάρων σε γλυκόζη και φρουκτόζη, όπως φαίνεται από την παρακάτω απλοποιημένη αντίδραση:



Η ζύμωση μορίων της ζάχαρης (φρουκτόζη και γλυκόζη) συντελεί στη παραγωγή. Η ζύμωση γίνεται με την προσθήκη σακχαρομυκήτων συνήθως στελέχη του *Saccharomyces cerevisiae*. αιθανόλης, μία μέθοδος πολύ διαδεδομένη στη βιομηχανία τροφίμων. Κατά τη ζύμωση, οι σακχαρομύκητες συντελούν στο μεταβολισμό της ζάχαρης απουσία οξυγόνου προς αιθανόλη και διοξείδιο του άνθρακα, όπως φαίνεται με την παρακάτω αντίδραση:



Στο τελικό προϊόν γίνεται καθαρισμός με φυγοκέντριση ή διήθηση και το υγρό οδηγείται στην τελική δεξαμενή όπου γίνεται ο διαχωρισμός και η ανάκτηση της καθαρής αιθανόλης.

Η διαδικασία παραλαβής της αιθανόλης είναι το τελευταίο στάδιο παραγωγής το οποίο περιλαμβάνει απόσταξη και αφυδάτωση με θέρμανση. Είναι από τα πιο δαπανηρά στάδια της παραγωγικής διαδικασίας και αποτελεί κρίσιμο παράγοντα της βιομηχανικής παραγωγής βιοαιθανόλης.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η φύση της βιομάζας που χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιοαιθανόλης είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει την απόδοση της διεργασίας. Όπως προαναφέρθηκε, για την παραγωγή βιοαιθανόλης χρησιμοποιείται βιομάζα πλούσια σε άμυλο και σάκχαρα αλλά και λιγνοκυτταρινική βιομάζα. Γενικότερα το κυτταρινικό και ημικυτταρινικό υλικό μπορεί με τη χρήση κατάλληλων ενζύμων να μετατραπεί ως ένα μεγάλο ποσοστό σε βιοαιθανόλη. Ωστόσο η λιγνίνη δεν μπορεί να διασπαστεί και να δώσει βιοαιθανόλη. Στον Πίνακα 3 παραθέτονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά μερικών τύπων βιομάζας και συγκεκριμένα η περιεκτικότητά τους σε υδρογονάνθρακες (κυτταρινικό υλικό) και μη-υδρογονάνθρακες. Όπως φαίνεται από τον πίνακα, το άχυρο ρυζιού τη μικρότερη περιεκτικότητα σε μη-υδρογονάνθρακες ενώ το μαλακό ξύλο τη μεγαλύτερη. Ωστόσο το μαλακό ξύλο έχει την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε γλυκόζη που μετατρέπεται πολύ εύκολα σε αιθανόλη. Ανάλογα με τα ένζυμα (εκλεκτικότητα και απόδοση) που θα χρησιμοποιηθούν μπορούν διάφοροι τύποι βιομάζας να αποφέρουν μεγάλες αποδόσεις για παραγωγή βιοαιθανόλης.

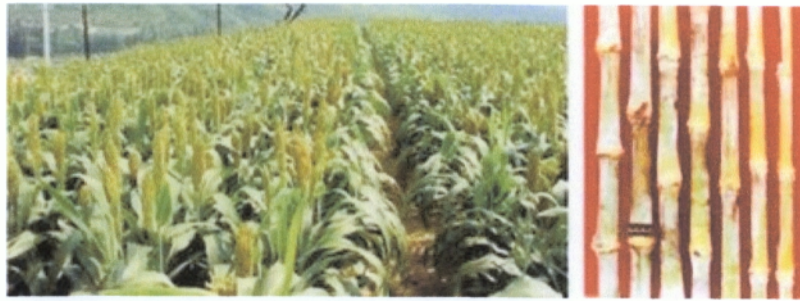
Πίνακας 1. Περιεκτικότητα υδρογονανθράκων σε διάφορους τύπους βιομάζας

	<u>Υδρογονάνθρακες (% ισοδύναμο ζάχαρης)</u>					<u>Μη-υδρογονάνθρακες</u>	
	Γλυκόζη	Μαννόζη	Γαλακτόζη	Ξυλόζη	Αραμπινόζη	Λιγνίνη	Στάχτη
Σπάδικας Καλαμποκιού	39.0	0.3	0.8	14.8	3.2	15.1	4.3
Άχυρο σιταριού	36.6	0.8	2.4	19.2	2.4	14.5	9.6
Άχυρο ρυζιού	41.0	1.8	0.4	14.8	4.5	9.9	12.4
Τσόφλια ρυζιού	36.1	3.0	0.1	14.0	2.6	19.4	20.1
Υπολείμματα εκχύλισης σακχάρων	38.1	-	1.1	23.3	2.5	18.4	2.8
Σκληρό ξύλο	40.0	8.0	-	13.0	2.0	20.0	1.0
Μαλακό ξύλο	50.0	12.0	1.3	3.4	1.1	28.3	0.2

Πηγή: Lee, J., *Biological Conversion of Lignocellulosic Biomass to Ethanol*, *J. Biotechnology*, 56, p.1-24, 1997

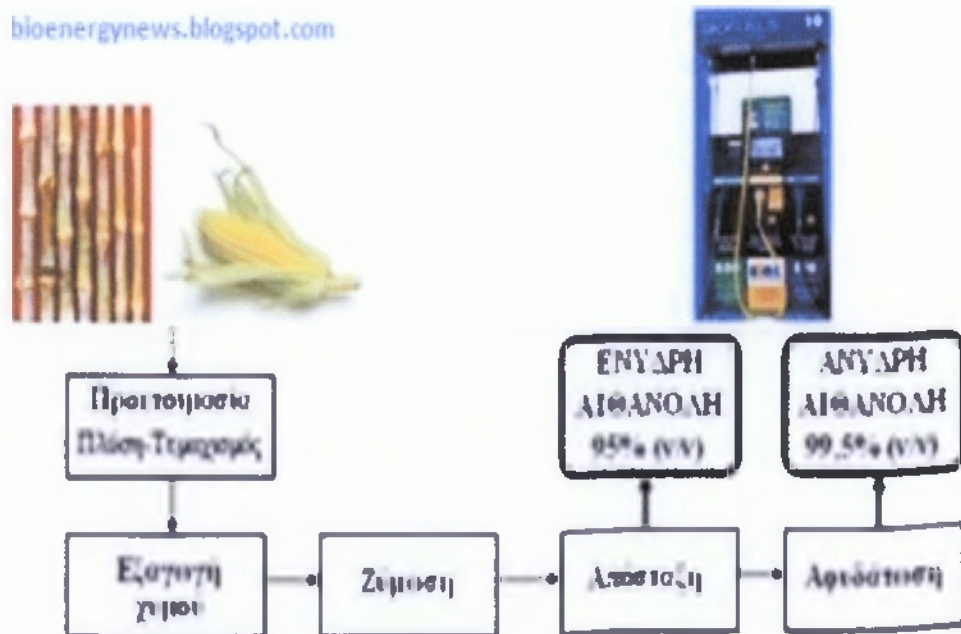


Εικόνα 4. Διυλιστήριο για την παραγωγή αιθανόλης



Εικόνα 5. Καλλιέργεια από καλαμπόκι

Αξίζει να σημειωθεί επίσης, ότι η έρευνα σήμερα στρέφεται στην εξεύρεση ενζύμων που θα μετατρέπουν όλο και μεγαλύτερα ποσοστά της βιομάζας σε βιοαιθανόλη, ακόμα και τη λιγνίνη. Στο μέλλον η παραγωγή βιοαιθανόλης θα αυξηθεί δραστικά λόγω της αναμενόμενης αυτής εξέλιξης στον τομέα της βιοτεχνολογίας.



Εικόνα 6. Γραμμή παραγωγής αιθανόλης

Υπάρχουν 2 μέθοδοι μετατροπής σε βιοκαύσιμα:

A)Μικροβιακή ζύμωση: Ζύμωση διαλύματος σακχάρων σε αιθανόλη, από ειδικευμένους μικροοργανισμούς

B)Θερμομηχανική προεργασία: αεριοποίηση υδρογόνου και οξειδία του άνθρακα και μετατροπή σε αιθανόλη με ανόργανους καταλύτες

2.5.1 Μικροβιακή ζύμωση

Οι μικροοργανισμοί, οι οποίοι είναι ζωντανοί οργανισμοί και δεν είναι ορατοί με γυμνό μάτι παρά μόνο στο μικροσκόπιο, έχουν ενεργειακές ανάγκες οι οποίες καλύπτονται αν αναπτυχθούν στο κατάλληλο υπόστρωμα. Κατά την διάρκεια της κατανάλωσης του υποστρώματος αφού αναπτυχθούν έχουν την ικανότητα να πολλαπλασιάζονται, να αναπνέουν και να εκκρίνουν ένα πλέον μέρος τροφής που δεν το χρησιμοποιούν πουθενά. Κάθε μικροοργανισμός χρειάζεται κάποιες ιδιότητες όσον αφορά την ανάπτυξη, την επιβίωση και τον πολλαπλασιασμό του. Αυτές οι ιδιότητες είναι η θερμοκρασία, το pH, η παρουσία ή απουσία του οξυγόνου και το είδος του υποστρώματος που αναπτύσσεται. Πλέον στα εργαστήρια ρυθμίζουν τις συνθήκες για την καλύτερη ανάπτυξη τους.

Υπάρχουν όμως και μικροοργανισμοί όπως ο *S.bayanus* ο οποίος όταν τοποθετηθεί σε ειδική συσκευή που δεν επιτρέπει την εισαγωγή αέρα παρά μόνο τον αέρα που έχει μεταβολίσει τα ανάγοντα σάκχαρα που περιέχονται στα διάλυμα. Η διαδικασία παραγωγής από μικροοργανισμούς με υπόστρωμα αναγόντων σακχάρων ονομάζεται μικροβιακή ζύμωση.

2.5.2 Θερμοχημική προεργασία

Για το λόγο ότι η ακαιέργαστη βιομάζα είναι υπερβολικά δύστροπη στην ενζυματική απορρόφηση, έχουν αναπτυχθεί αρκετοί μέθοδοι θερμοχημικών μεθόδων για να βελτιώσουν την διεργασία απορρόφησης. Κατά την προεργασία αυτή διασπάται η κυτταρική μεμβράνη των φυτικών κυττάρων αναπτύσσοντας την ενζυμική εισχώρηση στο εσωτερικό των πολυσακχαριτών. Η χημική προεργασία κυμαίνεται από πολύ όξινη έως πολύ αλκαλική, έτσι προκαλεί διαφορετικές αντιδράσεις στο μεγαλύτερο μέρος των συστατικών της βιομάζας. Η όξινη προεργασία μπορεί να υδρόλυση το κλάσμα της ημικυτταρίνης κατά ελευθερώνει κλάσματα κυτταρίνης και λιγνίνη άθικτα μέσα στα υπολείμματα στερεών. Το πιο κοινό οξύ που προσεγγίζει αυτή την συμπεριφορά είναι το σουφρικό, ωστόσο έχουν δοκιμαστεί και άλλα ισχυρά οξέα. Με χρήση αλκαλικών οξέων παρουσιάζει ένα αποτέλεσμα στα συστατικά του λιγνίνη καθώς αφήνει άθικτα την ημικυτταρίνη και την κυτταρίνη. Αυτή η διεργασία απαιτεί ένζυμα με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ποσότητα ενζύμου κατά την διεξαγωγή της διεργασίας. Η εστίαση τελευταία έχει συγκεντρωθεί σε χαμηλού κόστους αντιδραστήρια και διαδικασίες έτσι ώστε η προκατεργασία να αντιστοιχεί σε ένα μικρό μερίδιο του συνολικού κόστους του ολικού παραγόμενου ποσοστού αιθανόλης.

2.6 ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ ΣΑΝ ΚΑΥΣΙΜΟ ΚΙΝΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Η βιοαιθανόλη αναμιγνύεται με την συμβατική βενζίνη συνήθως σε ποσοστό 5% και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στους μοντέρνους κινητήρες χωρίς να χρειάζεται να γίνει καμία μετατροπή του κινητήρα. Οι κινητήρες που έχουν υποστεί μετατροπές προκειμένου να χρησιμοποιηθούν βιοκαύσιμα το 85% των καυσίμων που χρησιμοποιούν μπορεί να αποτελείται από βιοαιθανόλη. Το μείγμα καυτό έχει την ίδια απόδοση με τα βιοκαύσιμα που αποτελούνται εξολοκλήρου από βιοαιθανόλη καθώς και με τα συμβατικά καύσιμα. Το ΕΤΒΕ παράγεται

από βιοαιθανόλη με αντίδραση της με το ισοβουτυλένιο. Το ETBE χρησιμοποιείται, αναμιγμένο με την συμβατική βενζίνη. Είναι λιγότερο πηκτικό από την βιοαιθανόλη αλλά χρειάζεται ένα επιπλέον στάδιο επεξεργασίας. Η βιοαιθανόλη και το ETBE έχουν πλεονέκτημα ότι είναι προϊόντα υψηλών οκτανίων. Τα βιοκαύσιμα παράγονται κυρίως από σοδειές των οποίων τα προϊόντα είναι έλαια όπως επίσης και μαγειρικά λίπη και έλαια, καθώς και από λίπος ζώων. Τα βιοκαύσιμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πετρελαιοκινητήρες οι οποίοι σαν μέθοδο ανάφλεξης χρησιμοποιούν την συμπίεση του εκατοστού καυσίμου.

Τα βιοκαύσιμα χρησιμοποιούνται σε ποσοστό 3% στα συμβατικά καύσιμα και 30% σε στόλους οχημάτων που έχουν μετατραπεί ειδικά γι' αυτό το σκοπό.

Η χρήση των αερίων βιοκαυσίμων είναι μέχρι στιγμής περιορισμένη και προς το παρόν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στους κινητήρες που χρησιμοποιούν το φυσικό αέριο ως καύσιμο.

Akzo Nobel Surface Chemistry AB, bioethanol vehicles cleaner exhaust gas – cleaner air

<http://www.cleamairnet.org/infopool/1411/articles-35619-bioethanol.pdf>

2.7 ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Η Ευρωπαϊκή Ένωση μέσω της κοινοτικής οδηγίας 2003/30ΕΚ, αναγνώρισε θεσμικά τα βιοκαύσιμα και το σημαντικό ρόλο που αυτά θα διαδραματιστούν στο άμεσο μέλλον στην Ευρώπη, θέτοντας το απαραίτητο νομικό πλαίσιο για την πώληση και χρήση του εντός της Ε.Ε.. παράλληλα, τέθηκαν ενδεικτικοί στόχοι υποκατάστασης των συμβατικών καυσίμων με βιοκαύσιμα για όλα τα κράτη μέλη. Η οδηγία προβλέπετε ότι έως το τέλος του 2005, η συμμετοχή των βιοκαυσίμων στο εθνικό σύνολο των καυσίμων που χρησιμοποιούνται για τις μεταφορές θα έπρεπε να ανέρχεται στο 2%. Το ποσοστό αυτό υπολογίζεται επί του συνολικού ενεργειακού περιεχομένου του ντίζελ και

της βενζίνης που χρησιμοποιούνται για τις μεταφορές ενώ ο αντίστοιχος στόχος για το έτος 2010 ορίστηκε στο 5,75% και για το 2020 το 10% των ενεργειακών αναγκών σε καύσιμα μεταφοράς να καλύπτεται από βιοκαύσιμα. Ο στόχος αυτός αν και τίθεται υπό αμφισβήτηση λόγω των αυξήσεων που παρατηρήθηκαν στις βρώσιμες πρώτες ύλες, πιθανότητα θα διατηρηθεί.

Η πολιτική της Ε.Ε. για τα βιοκαύσιμα και τη βιομάζα, όμως, δεν εξαντλείται στην Οδηγία 2003/30/ΕΚ. το πρόγραμμα δράσης για τη βιομάζα που εγκρίθηκε από την Ε.Ε., Δεκέμβριο του 2005, έθεσε τρεις κύριους στόχους σε ότι αφορά στη μελλοντική προώθηση των βιοκαυσίμων:

- Την προώθηση των βιοκαυσίμων τόσο στην Ε.Ε. όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες
- Την προετοιμασία για ευρείας κλίμακας χρήση των βιοκαυσίμων, βελτιώνοντας την ανταγωνιστικότητα του ως προς το κόστος και ενισχύοντας την έρευνα όσον αφορά στα καύσιμα δεύτερης γενιάς
- Τη στήριξη των αναπτυσσόμενων χωρών, στις οποίες η παραγωγή βιοκαυσίμων θα μπορούσε να τονώσει την αειφόρα οικονομική ανάπτυξη

Ακολουθώντας, η Ε.Ε. καθόρισε το Φεβρουάριο του 2006, τη στρατηγική για τα βιοκαύσιμα, εστιάζοντας σε επτά κύριους άξονες πολιτικής για την ενίσχυση των βιοκαυσίμων και της αειφόρας των μεταφορών:

- Τόνωση της ζήτησης για βιοκαύσιμα, μέσω της προώθησης τεχνολογικών πρώτης και δεύτερης γενιάς
- Αύξηση περιβαλλοντικών ωφελειών, μέσω της προώθησης τεχνολογιών και μεθόδων παραγωγής, που αυξάνουν το δυναμικό εξοικονόμησης εκπομπών CO₂ των βιοκαυσίμων αλλά και τον αειφορικό χαρακτήρα τους
- Ανάπτυξη της παραγωγής και της διανομής βιοκαυσίμων, προτιρόποντας τα Κράτη Μέλη να υιοθετήσουν την Ευρωπαϊκή

στρατηγική και εμβαθύνοντας στα τεχνικά προβλήματα που κατά τόπους δημιουργούν κωλύματα

- Επέκταση του εφοδιασμού με πρώτες ύλες και στήριξη των καλλιεργειών μέσω της νέας κοινής αγροτικής πολιτικής
- Ενίσχυση των ευκαιριών για εμπορικές συναλλαγές, μέσα από την υιοθέτηση κατάλληλου νομοθετικού πλαισίου, εισαγωγή προτύπων και διατύπωση ισότιμων κανόνων εισαγωγής και εμπορίας
- Υποστήριξη αναπτυσσόμενων χωρών, μέσω ειδικών χρηματοδοτικών προγραμμάτων
- Υποστήριξη έρευνας και ανάπτυξης, μέσω χρηματοδοτικών προγραμμάτων του έβδομου κοινοτικού πλαισίου στήριξης και άλλων

Το Μάρτιο του 2008 κατατέθηκε πρόταση οδηγίας για την αναθεώρηση της 98/70/EC οδηγίας περί καυσίμων των μεταφορών. Στην πρόταση συμπεριλαμβάνονται μέτρα διασφάλισης του αειφορικού χαρακτήρα των βιοκαυσίμων. Μεταξύ άλλων προβλέπονται:

- Το δυναμικό μείωσης των εκπομπών CO₂ ενός βιοκαυσίμου πρέπει να είναι τουλάχιστον 35%, ενώ από το 2013 τουλάχιστον 50% για βιοκαύσιμα που παράγονται από παραγωγούς ήδη ενεργούς την 1/1/2008 και το 2015 για τους λοιπούς παραγωγούς
- Η πρώτη ύλη για την παραγωγή των βιοκαυσίμων δεν πρέπει να προέρχεται από γαίες υψηλής βιοποικιλότητας (δάση όπου δεν υπήρξε έντονη ανθρώπινη δραστηριότητα κατά το παρελθόν, προστατευόμενες νομοθετικά περιοχές, συμπεριλαμβανομένων αυτών που έχουν υποδειχθεί με οικότοπους υψηλής βιοποικιλότητας με μεγάλο αριθμό ενδημικών ειδών)
- Η πρώτη ύλη δεν θα πρέπει να παράγεται σε εκτάσεις υψηλής εναπόθεσης άνθρακα

Από τα παραπάνω διαφαίνεται η προσπάθεια της ΕΕ μέσω ειδικών οδηγιών να ενισχύσει και να διασφαλίσει τον αειφορικό χαρακτήρα των

βιοκαυσίμων, προστατεύοντας παράλληλα τη βιοποικιλότητα και την ισορροπία των οικοσυστημάτων

Στρατηγικό σχέδιο έρευνας και στρατηγικό σχέδιο εφαρμογής τεχνολογίας, Θεσσαλία, Οκτώβριος 2008 σελ: 19-21

2.8 ΑΝΑΓΚΕΣ ΣΕ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ

Σύμφωνα με στοιχεία του υπουργείου ανάπτυξης, η εξέλιξη της ενεργειακής κατανάλωσης για μεταφορές φαίνεται να ακολουθεί το μοτίβο του πίνακα.

Πίνακας 1. Εξέλιξη ενεργειακής κατανάλωσης για μεταφορές ανά είδος καυσίμου στην Ελλάδα

Είδος καυσίμου/ Έτος	1992	2004	2010
Βενζίνη(ktoe)	2,532	3,814	4,390
Ντιζελ κίνησης(ktoe)	1,557	2,036	2,304

Σύμφωνα με τους στόχους αντικατάστασης των συμβατικών καυσίμων από βιοκαύσιμα, οι αναγκαίες ποσότητες βιοκαυσίμων που απαιτούνται για το 2010 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2. Κατανάλωση καυσίμου το 2010 και απαιτούμενες ποσότητες βιοκαυσίμων

Καύσιμο	Κατανάλωση 2010 (koe)	Αναγκαία υποκατάστατα (ktoe)	Αναγκαία υποκατάστατα (ktons βιοκαυσίμου)
Βενζίνη	4,390	252	410
Ντιζελ	2,304	131	148
Σύνολο	6,679	384	558

Όπως φαίνεται στον πίνακα αυτό, το 5,75% της εγχώριας κατανάλωσης του έτους 2010 αντιστοιχεί σε 384 ktoe ή 558 ktons βιοκαυσίμων. Μετά το 2010, και με την προϋπόθεση της αύξησης του ποσοστού ανάμιξης βιοκαυσίμων στα καύσιμα στο 10%, οι ανάγκες αυτές προβλέπεται να διπλασιαστούν.

Προσοχή πρέπει να δοθεί στα δεδομένα που προκύπτουν λόγω της διαφοράς των φυσικών ιδιοτήτων μεταξύ βιοκαυσίμων και συμβατικών καυσίμων. Γενικά τα βιοκαύσιμα, λόγω της παρουσίας οξυγόνου και της διαφορετικής αναλογίας ατόμων υδρογόνου προς τα άτομα άνθρακα στο μόριο τους, έχουν χαμηλότερες θερμογόνες δυνάμεις από α συμβατικά. Ιδιαίτερα τα υποκατάστατα βενζίνης έχουν σημαντικά μικρότερο ενεργειακό περιεχόμενο, πράγμα που σημαίνει ότι για να καλυφθεί το ίδιο ποσοστό της ενέργειας των καυσίμων των μεταφορών αποκλειστικά από βιοαιθανόλη η αιθυλο-τριτοταγή βουτυλαιθέρα(ETBE), χρειάζονται μεγαλύτερες ποσότητες βιοκαυσίμου, απ' ότι αν καλύπτονταν αποκλειστικά από βιοντίζελ.

Στρατηγικό σχέδιο έρευνας και στρατηγικό σχέδιο εφαρμογής τεχνολογίας, Θεσσαλία, Οκτώβριος 2008 σελ: 19-21

2.9 Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η παραγωγή βιοκαυσίμων (βιοντίζελ) στην Ελλάδα ξεκίνησε μόλις το 2005, χρονιά κατά την οποία παρήχθησαν μόνο 420 τόνοι βιοντίζελ. Το 2006 η παραγωγή έφτασε τους 61,000 τόνους, ενώ το 2007 καλύφθηκε πλήρως η κατανομή των 114,000 τόνων που δόθηκε από το Υπουργείο Ανάπτυξης.

Παρά την καθυστέρηση στη διείσδυση των βιοκαυσίμων στην Ελληνική αγορά σε σχέση με την Ευρώπη, σήμερα έχουν αναπτυχθεί σημαντικές υποδομές παραγωγής βιοντίζελ στη χώρα. Σύμφωνα με τα στοιχεία του Υπουργείου Ανάπτυξης, οι εταιρείες που έλαβαν δικαιώματα

πώλησης ποσοτήτων βιοντίζελ το 2008 στην Ελλάδα είναι αυτές που πίνακα παρακάτω.

Πίνακας 3. Χάρτης της Ελλάδος όπου απεικονίζονται τις περιοχές που υπάρχουν εργοστάσια παραγωγής βιοκαυσίμων (2008).

α/α	Εταιρία	Δηλωθείσα Δυναμικότητα (m ³ /έτος)	Αποφορολόγημένες ποσότητες (m ³)
1.	Πέπας(Πάτρα)	12,500	33,525
2.	Agroinvest(Φθιώτιδα)	280,000	25,467
3.	ΕΛΒΙΝ(Κιλκίς)	90,000	17,191
4.	ΕΛΙΝ Βικαύσιμα Βόλος	83,331	10,740
5.	Βιοντίζελ Αθήνα	ΕΜΠΟΡΙΑ	5,699
6.	VertOIL Θεσσαλονίκη	11,880	5,259
7.	Staff Colour Energy Λάρισα	13,000	4,752
8.	Βιοντίζελ ΕΠΕ Λαγιάδας	23,958	4,026
9.	Εκκοκκ- Κλωστήρια Β. Ελλάδος (Κομοτηνή)	7,543	3,250
10.	DP Lubrificant SRL (Ιταλία)	Ιταλός Παραγωγός	2,600
11.	Βιοενέργεια Πασαντωνίου (Ν. Μουδανία)	10,197	2,395
12.	ΜΟΤΟΡΟΙΛ (ΕΛΛΑΣ) ΔΙΥΛ.ΚΟΡΙΝΘΟΥ	ΕΜΟΡΙΑ	2,30
13.	ΦΥΤΟΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΕ (ΣΕΡΡΕΣ)	24,004	2,272
14.	GF ENERGY (ΑΘΗΝΑ)	112,500	2,251
15.	CAFFARO CHIMICA SRL (Ιταλία)	17,044	582,000
16.	MILLOIL ELLAS (ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ)	11,250	406,000
17.	ΜΑΝΟΣ (ΑΘΗΝΑ)	37,500	183,000
	ΣΥΝΟΛΟ	80034,707	123,000

Εταιρίες που έλαβαν δικαιώματα πώλησης ποσοτήτων βιοκαυσίμων το 2008 στην Ελλάδα

Στον πίνακα αυτό περιέχονται και πληροφορίες σχετικές με τη δηλωθείσα δυναμικότητα της παραγωγής των εταιρειών αυτών και το ύψος της αποφορολόγησης που έλαβαν. Εκτός των μονάδων που

αναφέρονται, τέλους του 2008 με αρχές 2009 τέθηκε σε λειτουργία ακόμα μια μονάδα παραγωγής στην Αττική δυναμικότητας 100,000m³, η οποία βρισκόταν στο τελικό στάδιο κατασκευής. Το 2008 καταργήθηκε η πολιτική της αποφορολόγησης των βιοκαυσίμων, ενώ εξετάζεται ένα νέο σύστημα κατανομής βιοκαυσίμων, στο οποίο η ποσότητα βιοντίζελ που θα μπορεί να διαθέσει κάθε παραγωγός θα καθορίζεται βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων. Το δυναμικό παραγωγής, η συνέπεια στις παραδόσεις τα προηγούμενα χρόνια, οι ποσοτώσεις παλαιότερων ετών, η χρήση εγχώριων ενεργειακών καλλιεργειών, η συμμετοχή σε προγράμματα έρευνας και ανάπτυξης και η πιστοποίηση ποιότητας κατά ISO 901:2000, είναι κάποια από τα κριτήρια με διαφορετική στάθμιση για κάθε κριτήριο.

Η σημαντική αυτή ανάπτυξη των βιομηχανιών βιοντίζελ στην Ελλάδα έχει οδηγήσει, ωστόσο, στη διαμόρφωση εγκατεστημένων δυναμικών παραγωγής αρκετά μεγαλύτερων του 5,75% του ενεργειακού περιεχομένου του ντίζελ. Αποτέλεσμα αυτού είναι η δέσμευση μικρού ποσοστού των δυναμικών της παραγωγής τους, αναγκάζοντας αρκετά από τα παραπάνω εργοστάσια να λειτουργούν περιορισμένο αριθμό ημερών, κάθε μήνα ή και καθόλου, για την κάλυψη των περιορισμένων μηνιαίων ποσοτήτων που τους έχουν κατανεμηθεί. Το χαρακτηριστικό αυτό περιορίζει την ανταγωνιστικότητα και την βιωσιμότητα των ελληνικών παραγωγών, οι οποίοι οφείλουν να κατευθυνθούν και στις αγορές του εξωτερικού. Επιπλέον, θα πρέπει να τονιστεί ότι ένας από τους λόγους που το ελληνικό βιοντίζελ δεν είναι ανταγωνιστικό είναι εξαιρετικά η τιμή πώλησης του. Πέρα αυτού, η πραγματοποίηση εξαγωγών εγχώριου ντίζελ προς άλλα μέλη της Ε.Ε., πλην της Βουλγαρίας, δυστυχώς δεν ευνοείται εξαιτίας της γεωγραφικής τοποθέτησης των περισσότερων μονάδων. Πολλά από τα εργοστάσια αυτά βρίσκονται σε περιοχές που δεν ευνοούν την μεταφορά του προϊόντων και των πρώτων υλών με πλοίο.

Συνεπώς, η όποια μεταφορά του βιοντίζελ πρέπει αναγκαστικά να γίνεται με βυτία σε μικρές παρτίδες, γεγονός το οποίο αυξάνει σημαντικά το κόστος μεταφοράς, επιβαρύνει την τιμή πώλησης, μειώνει τον

αιφορικό χαρακτήρα του καυσίμου και δεν προτιμάται από τον τελικό αποδέκτη, ο οποίος πρέπει να πραγματοποιήσει μεγαλύτερο αριθμό ποιοτικών ελέγχων για μια δεδομένη ποσότητα προϊόντος.

Σε ότι αφορά τη βιοαιθανόλη, η χρήση της στην Ελλάδα συνοδεύεται και από ορισμένα πρακτικά προβλήματα, κάποια από αυτά είναι: ο τρόπος διακίνησης της βενζίνης με βιοαιθανόλη στα νησιά, ο τρόπος τελωνειακού ελέγχου της αιθανόλης βιολογικής προέλευσης, η επιλογή του μειουσιωτή, γενικότερα προβλήματα προδιαγραφών.

Ιδιαίτερα ως προς το τελευταίο, χαρακτηριστική είναι η περίπτωση της προδιαγραφής της τάσης ατμών κατά τη θερινή περίοδο.

Στρατηγικό σχέδιο έρευνας και στρατηγικό σχέδιο εφαρμογής τεχνολογίας, Θεσσαλία, Οκτώβριος 2008 σελ: 17-19

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

3.1 ΒΙΟΜΑΖΑ

Το οποιαδήποτε υλικό που προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς, σύμφωνα με την ευρύτερη έννοια του όρου, ονομάζεται βιομάζα. Ειδικότερα, η βιομάζα χρησιμοποιείται για ενεργειακούς σκοπούς όπως για την παραγωγή στερεών, υγρών ή και αερίων καυσίμων.

Η βιομάζα χωρίζεται σε δύο τύπους : πρώτων στις υπολειμματικές μορφές (απορρίμματα, ζωικά απόβλητα, φυτικά υπολείμματα) και δεύτερον στις ενεργειακές καλλιέργειες.

Η βιομάζα με βάση τα υπολείμματα διακρίνονται σε 3 κατηγορίες :

- Υπολείμματα που μένουν στον αγρό ή στο δάσος μετά τη συγκομιδή του κυρίου προϊόντος, όπως βαμβακοστελέχη, κλαδοδέματα, άχυρο σιτηρών κ.ά.
- Γεωργικά και δασικά υπολείμματα βιομηχανιών, όπως ελαιοπυρήνες, πριονίδια, υπολείμματα εκκοκκισμού κ.ά.
- Βιομηχανικά και αστικά απόβλητα.



Εικόνα 8. Φωτογραφίες με καλλιέργειες όπου αξιοποιούνται για βιοαιθανόλη

3.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Η βιομάζα, η οποία παράγεται από τις ενεργειακές καλλιέργειες που καλλιεργούνται ή υπάρχουν ως αυτοφυή είδη, παραδοσιακά ή νέα, χρησιμοποιείται για παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων κ.ά.

Το σιτάρι, το κριθάρι ο αραβόσιτος, τα ζαχαρότευτλα και ο ηλιάνθος, τα οποία είναι παραδοσιακές καλλιέργειες το προϊόν τους θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλη και βιοντήζελ).

Στις νέες καλλιέργειες, ανήκουν είδη με υψηλή παραγωγικότητα σε βιομάζα ανά μονάδα γης και διακρίνονται σε δύο κατηγορίες τις γεωργικές και τις δασικές. Οι γεωργικές διακρίνονται επίσης σε ετήσιες και πολυετές.

3.2.1 Δασικές ενεργειακές καλλιέργειες

A) Ευκαλύπτος - υπάρχουν δύο είδη (*Eucalyptus globules Labill*, *eucalyptus camaldulensis Dehnh*)

Οι φυτείες των ευκαλύπτων αναπτύσσονται γρήγορα μετά τη συγκομιδή.

Στην χώρα μας φαίνεται ότι το καταλληλότερο είδος ευκαλύπτου, που πληρεί τις προδιαγραφές των ενεργειακών καλλιεργειών είναι ο *E. Camaldulensis* (Ευκάλυπτος η ρυγκωτή), γιατί α) προσαρμόζεται σε διάφορα μικροπεριβάλλοντα, σε σχέση με άλλα είδη ευκαλύπτου, β) ταχυαυξία, γ) εύκολη πρεμνοβλάστηση μετά από την κοπή οποιοδήποτε εποχή του έτους, δ) μεγάλη παραγωγικότητα σε βιομάζα.

Σε όξινα εδάφη και τα δυο είδη απέδειξαν υψηλή παραγωγικότητα και η ανάπτυξη τους συνεχίζεται όλο το χρόνο. (Dalianis and Djouras 1997).

Αποδείχτηκε επίσης ότι αν η καλλιέργεια του *E. camaldulensis* και το δεύτερο χρόνο και το τρίτο χρόνο οι αποδόσεις είναι για το δεύτερο 28 τόνους/στρέμμα/έτος, κλωρής και ξηρής ουσίας αντίστοιχα, για τον τρίτο περίπου 46% αύξηση σε σχέση με τον δεύτερο χρόνο. Η πυκνότητα φύτευσης ήταν 1000 και 2000 φυτά ανά στρέμμα. Οι αποδόσεις σε ξηρή ουσία στο τέλος του τρίτου χρόνου κατέγραψαν υψηλές τιμές 25 τόνων/στρέμμα/έτος.

Οι αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα ανέρχονται τις 1,29 τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (ΤΙΠ)/στρέμμα/ατός.

Χρησιμοποιείται για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας και αξιόλογη πρώτη ύλη για παραγωγή χαρτοπολιτού.

B) ψευδακακία : *Robinia pseudoacacia L.*

Είναι φυτό ψυχανθές, πολυετές δενδρώδες που χαρακτηρίζεται από την ταχύτερη ανάπτυξη του υπέργειου μέρους, σημαντική παραγωγή βιομάζας και εξαιρετική αναβλάστηση μετά την κοπή. Θεωρείται πολύ παραγωγικό φυτό σε βιομάζα λόγω της υψηλής περιεκτικότητας του ξύλου, του ταχύτερου ρυθμού ανάπτυξης και της χαμηλής

περιεκτικότητας σε υγρασία. Ενδιαφέρον παρουσιάζει στην Ευρώπη και την Ασία. Στη διάρκεια μιας εικοσαετίας αυξήθηκε αισθητά οι εκτάσεις με ψευδακακία.

Για να καλλιεργηθεί στην Ελλάδα εξεργάσθησαν η προσαρμοστικότητα και η παραγωγικότητα του φυτού σε διάφορες κλιματικές και εδαφικές συνθήκες μέσω πειραμάτων. Τον τρίτο χρόνο φύτευσης το γόνιμο έδαφος έδωσε 17 τόνους ξηρής ουσίας/σπρέμμα/έτος.

Το δε ενεργειακό δυναμικό της ψευδακακίας είναι τυπικό πλατύφυλλων φύλλων της εύκρατης ζώνης και κυμαίνεται για το ξύλο της γύρω στα 19,44MJ/kg.

Χρησιμοποιείται για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας.

Παγκόσμιοι Πόροι Βιοενέργειας



Ενεργειακές Καλλιέργειες

Δασικοί Πόροι



Αγροτικά Απόβλητα

3.2.2 Γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες

α) Πολυετείς

- 1) Καλάμι: *Arundo donax L.*

Ανήκει στα αγροστώδη πολυετή φυτά με φωτοσυνθετικό μηχανισμό C5. Υπάρχει κοντά σε ποτάμια και λίμνες, γενικά σε αγρούς με υψηλή υγρασία, παρόλο αυτά μπορεί να καλλιεργηθεί και με άλλες κλιματικές και εδαφικές συνθήκες.

Θεωρείται δυναμικό φυτό και πολλαπλασιάζεται κυρίως με ριζώματα αλλά και με μοσχεύματα.

Οι αποδόσεις όπως αναφέρονται, στην νότια Γαλλία είναι 2,0 – 2,5 τόνων/στρέμμα του ξυρού του βάρους ω(Tablez 1940), ενώ στην νότια Ιταλία 3,5 τόνοι/στέμμα περίπου. Στην Ελλάδα έχει αποδειχθεί ότι παράγει αξιόλογες ποσότητες βιομάζας. Στην χώρα μας οι αποδόσεις κυμάνθηκαν από 0,5 έως 3 τόνους ανά στρέμμα σε ξηρή ουσία (Christou 1998, Christou 2000 ab).

Η θερμογόνοσ αξία του φυτού ανήλθε σε 18,6MJ/kg ξηρής ουσίας και η περιεκτικότητα του σε τέφρα είναι 6,9% σε ξηρή βάση. Με αυτές τις εκτιμήσεις εκτιμάται ότι το ενεργειακό δυναμικό του καλαμιού φτάνει στους 1,29 ΤΙΠ/ στρέμμα/ έτος.

Χρησιμοποιείται για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας, καρτοπολτού και δομικών υλών.

2) Μίσχανθος: *Miscantus giganteus* GREEF et Deu

Είναι ένα αργοστώδες, πολυετές, ριζωματώδες φυτό, που κατάγεται από τις χώρες της νότιο-ανατολικής Ασίας και καλλιεργείται στην Ευρώπη σαν καλλωπιστικό φυτό εδώ και πολλά χρόνια.

Χαρακτηρίζεται από χαμηλή υγρασία, υψηλές αποδόσεις σε κλωρή και ξηρή ουσία και έχει ανθεκτικότητα στις ασθένειες και στα παθογόνα. Επίσης έχει υψηλή αποτελεσματικότητα στην χρήση νερού και νιτρικών.

Οι αποδόσεις του μίσχανθου διαφέρουν ανάλογα με την περιοχή ή τις κλιματικές συνθήκες. Οι αποδόσεις επίσης αυξάνονται μετά το δεύτερο έτος της εγκατάστασης.

Στην Ελλάδα το ύψος του μπορεί να φτάσει τα 3 μέτρα και η παραγωγή της ξηρής ουσίας κυμαίνεται από 0,8 έως 3 τόνους/στρέμμα/έτος (Christou 1998, Christou 1999).

Τα στελέχη του μίσχανθου έχουν υψηλή θερμιδική αξία με μέση τιμή 17,3 MJ/kg του ξηρού του βάρους. Η περιεκτικότητα σε τέφρα των στελεχών είναι 1,64% επί του ξηρού του βάρους και είναι σχετικά χαμηλή αυξάνοντας έτσι τη θερμικής του αξία. Τα φύλλα είναι κατώτερης ποιότητας καυσίμου λόγω της μεγαλύτερης περιεκτικότητας σε τέφρα.

Χρησιμοποιείται για κατασκευή δομικών υλικών αλλά εξετάζεται και η πιθανότητα χρησιμοποίησης της ως ενεργειακή καλλιέργεια.

3) Αγριοαγκινάρα: *Cynara candurculus* L.

Είναι ένα πολυτελές είδος αγκαθιού, που καλλιεργείται σε κάποιες περιοχές της μεσογείου. Όπως όλα τα είδη αγκαθιών είναι καλά προσαρμοσμένη σε ξηρό κλίμα των μεσογειακών χωρών ακόμη και χωρίς άρδευση εκμεταλλευόμενη τις βροχοπτώσεις του χειμώνα καθώς και του φθινόπωρου. Επίσης προστατεύει από τη διάβρωση τα επικλινή και άγονα εδάφη λόγω του εύρωστου ριζικού συστήματος που διαθέτει.

Σε πειράματα που έγιναν στην Ελλάδα το τελικό ύψος του φυτού έφτασε και τα 2,6 μέτρα (Dalianis, 1996). Η παραγωγή της ξηρής ουσίας, ανάλογα με την πυκνότητα φύτευσης επί των γραμμών, κυμάνθησαν από 1,7 έως 3,3 τόνους/στρέμμα.

Η θερμογόνος δύναμη, για τα διάφορα μέρη του φυτού κυμαίνεται από 14,53 MJ/kg του ξηρού του βάρους, για τα φύλλα και τα βράκτια φύλλα και σε 24,73 MJ/kg του ξηρού του βάρους, για τους σπόρους . αυτό συμβαίνει λόγω της υψηλής περιεκτικότητας των σπόρων σε έλαια. Τα φύλλα παρουσιάζουν υψηλή περιεκτικότητα σε τέφρα περίπου 14%.

Ενώ στα υπόλοιπα μέρη κυμαίνεται από 3,3% έως 5,3%. Το ενεργειακό δυναμικό της καλλιέργειας ποικίλει από 0,6 έως 1,2 ΤΙΠ/στέμμα/έτος.

Χρησιμοποιείται για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και βιοελαίου.



4) Switchgrass : *Panicum virgatum* L.

Είναι ένα πολυετές C4, αργοσάδες φυτό. Συναντάται κυρίως στην Βόρεια και κεντρική Αμερική. Το ριζικό του σύστημα ξεπερνάει τα 3 μέτρα σε βάθος. Σχηματίζει λεπτά ριζώματα από τους οφθαλμούς νωρίς την άνοιξη. Η εγκατάσταση γίνεται με σπόρο και στην Ελλάδα καλλιεργείται τον Μάιο όταν η θερμοκρασία του εδάφους είναι 10-15°C. Η σπορά δεν πρέπει να γίνεται βαθύτερα από 1 cm και η πυκνότητα της φύτευσης κυμαίνεται από 200 – 300 φυτά ανά m².

Η αναβλάστηση των στελεχών γίνεται κάθε δεύτερο δεκαπενθήμερο του Μαρτίου κάθε έτους. Είναι ευαίσθητοι στους παγετούς αλλά αναβλαστάνει ακόμα και μετά από σημαντικές νεκρώσεις των βλαστών. Αναπτύσσεται ταχύρρυθμα. Παράγει μικρούς σπόρους.

Με την καλλιέργεια του παράγεται υψηλές ποσότητες βιομάζας ακόμη και σε συνθήκες με υψηλή λίπανση και ζιζανιοκτονία.

Η λίπανση έχει σημαντική επίπτωση στην απόδοση του αφού αυτά που δεν δέχτηκαν λίπανση κυμάνθηκε περί τους 1,4 τόνους ξηρής βιομάζας/στρέμμα ενώ την ίδια περίοδο με λίπανση κυμάνθηκε από 2,1 και 2,5 τόνοι ξηρής ουσίας με 4 και 12 kg αζώτου αντίστοιχα. Η άρδευση έχει σημαντικό ρόλο στην απόδοση του φυτού κατά την περίοδο Μαΐου – Ιουλίου που γίνεται η έναρξη της άνθησης. Στην Ελλάδα κυμάνθηκαν από 1,7 τόνους ξηρής βιομάζας για τα μη αρδευόμενα φυτά και 2,1 τόνους για την αρδευόμενη.

Χρησιμοποιείται για την παραγωγή υγρών ή στερεών βιοκαυσίμων ή για βιομηχανικές πρώτες ύλες.

β) Ετήσιες

1) Κυτταρινούχο σόργο : *Sorghum bicolor L.*

Είναι ετήσιο C4 φυτό, με υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα. Έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε διαλυτά σάκχαρα και το ενεργειακό δυναμικό του βασίζεται κυρίως στην υψηλή περιεκτικότητα σε λιγνοκυτταρινούχα συστατικά.

Στην Ιταλία η περιεκτικότητα των σακχάρων ήταν 41% του ξηρού βάρους των στελεχών με 0,9 τόνους /στρέμμα ζυμώσιμα σάκχαρα, ενώ στα υβρίδια ποικίλει από 9-12% με 0,2 τόνους ανά στρέμμα ζυμώσιμα σάκχαρα και μεγαλύτερο μέρος αποτελείται από τις λιγνοκυτταρινούχες ουσίες με 2 τόνους ανά στρέμμα. Στην Ελλάδα φτάνουν τους 2,8 τόνους ανά στρέμμα.

Παρουσιάζει μεγάλη αντοχή στο πλάγιασμα, το οποίο επιφέρει σημαντικά προβλήματα στην καλλιέργεια του γλυκού σόργου.

Χρήση του είναι σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή χαρτοπολιτού και για ενεργειακούς σκοπούς.

2) Κενάφ: *Hibiscus cannabinus L.*

Είναι φυτό ετήσιο μικρής ημέρας, υψηλής ποιότητας κυτταρίνες. Τα στελέχη αποτελούνται από ένα κεντρικό δακτύλιο και φλοιό με ίνες μικρού μήκους και ίνες μεγάλου μήκους. Από τον φλοιό παράγεται χαρτί ανώτερης ποιότητας, είναι τροπικό και υποτροπικό φυτό που ευδοκίμει σε αμμοπηλώδη, ουδέτερης αντίδρασης, στραγγισμένα καλά, με οργανική ουσία καλής ποιότητας.

Στην Ελλάδα το Κενάφ, μελετάται από το 1994 σε μικρούς αργούς (έως 3 στρεμμάτων) σε διάφορες περιοχές. Ερευνείται για την δυνατότητα προσαρμοστικότητας του φυτού στις ελληνικές κλιματολογικές συνθήκες καθώς και για την δυνατότητα χρήσης ως στερεό καύσιμο και βιομηχανικών προϊόν (χαρτοπολτός, μοριοσανίδες).

Οι αποδόσεις κυμαίνονται από 0,7-2,4 τόνοι/στρέμμα. Χρησιμοποιείται για παραγωγή ενέργειας και βιομηχανικών προϊόντων, όπως χαρτοπολτού, δομικών υλικών κ.ά.

3) Ελαιοκράμβη: *Brassica napus L.* και *Brassica carinata L. Braun*

Είναι ετήσιο φυτό και ανήκει στην οικογένεια των Σταυρανθών ή Βρασσικίδων (Cruciferae or Brassicaceae). Καλλιεργείται για τον σπόρο και λιγότερο για τα φύλλα σαν ανθρώπινη κατανάλωση, ζωοτροφή ή και λίπανση.

Η ελαιοκράμβη θεωρείται ως το τρίτο παγκόσμιο ελαιοπαραγωγικό φυτό μετά την σόγια και το φοινικέλαιο. Ο σπόρος της έχει περιεκτικότητα σε λάδι 30-50% και η πίτα, η οποία βγαίνει μετά την εξαγωγή του ελαίου της οποίας τα υπολείμματα χρησιμοποιούνται στην κτηνοτροφία, είναι πολύ πλούσια σε πρωτεΐνη (10-45%).

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην εφαρμογή ζιζανιοκτόνων γιατί το φυτό είναι πολύ ευαίσθητο στα ζιζάνια στα πρώτα στάδια της

ανάπτυξης του. Προσοχή πρέπει να γίνεται και ως προς τη συγκομιδή γιατί η υγρασία του σπόρου θα πρέπει να κυμαίνεται από 9-12%.

Η *Brassica napus* L. Είναι πρώιμη και καλλιεργείται κυρίως στα εύκρατα δροσερά κλίματα. Υπάρχουν 2 τύποι καλλιέργειας, η χειμερινή και ανοιξιιάτικη.

Η *Brassica carinata* L. Braun είναι αιθιοπικής προελεύσεως φυτό, ψηλό με μεγάλα φύλλα η οποία έχει συγγένεια με την ελαιοκράμβη και προσαρμόζεται στις μεσογειακές εδαφοκλιματικές συνθήκες.

Οι αποδόσεις σε σπόρο καθώς και σε ξηρή βιομάζα κυμάνθηκαν από 120-250κιλά.στρέμμα και 300-800 κιλά/στρέμμα αντίστοιχα, με βάση της τελευταίες μελέτες που έγιναν στην Ελλάδα, στην Ιταλία και στην Ισπανία.

Από ένα στρέμμα ελαιοκράμβης παράγονται κατά μέσο όρο 120-250 κιλά σπόρος με αντίστοιχη παραγωγή 43-90 λίτρα βενζίνης.

4) Ηλιάνθος: *Heliantus annus* L.

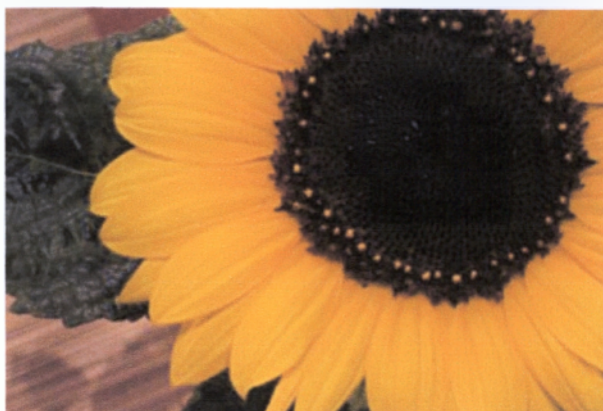
Είναι ετήσιο φυτό το οποίο ανήκει στην οικογένεια Compositae. Σύμφωνα με το FAO, η συνολική παγκόσμια παραγωγή έφθασε τα 24,2 εκατομμύρια τόνους το 2002, αφού είχε καλλιεργηθεί σε 195 εκατομμύρια στρέμματα. Στην Ευρώπη καλλιεργήθηκαν 100 εκατομμύρια στρέμματα και στην Ελλάδα 0,17 εκατομμύρια. (www.fao.org.com)

Ο ηλιάνθος στην χώρα μας καλλιεργείται κυρίως στο βόρειο-ανατολικό μέρος και θεωρείται σημαντικό φυτό. Η συνολική καλλιεργούμενη έκταση όλα και διπλασιάζεται με τον χρόνο.

Ο ηλιάνθος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοντήζελ, σαν πρώτη ύλη. Η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός

βιοντίζελ σε παγκόσμιο επίπεδο (1,504,000 τόνοι το 2003) (Biofuels Barometer – June 2004, EUROSERVER) και ο ηλίανθος ανήκει στο 10% από όλα τα προϊόντα.

Από ένα στρέμμα ηλίανθου παράγονται κατά μέσο όρο 120- 210 κιλά σπόρος με αντίστοιχη παραγωγή 43 – 73 λίτρα βιοντίζελ.



5) Σιτάρι – Κριθάρι

Σιτάρι: *Triticum aestivum* L.

Κριθάρι: *Hordeum sativum/vulgare* L.

Είναι ετήσια φυτά, τα οποία ανήκουν στην οικογένεια των δημητριακών (Graminae). Η συνολική παραγωγή για το σιτάρι είναι 605,99 εκατομμύρια για το 2007, ενώ για το κριθάρι είναι 133,4 εκατομμύρια το 2007 (www.fao.org).

Στην Ελλάδα καλλιεργείται σε όλη την χώρα και είναι το πιο διαδεδομένο ετήσιο φυτό και το σκληρό και το μαλακό. Η συνολική καλλιεργούμενη έκταση ήταν 6,3 εκατομμύρια το σκληρό και 2 εκατομμύρια στρέμματα το μαλακό. (1999) με παραγωγή 1,50 και 0,48 εκατομμύρια τόνους αντίστοιχα. Το 2000 η συνολική παραγωγή ξεπέρασε τους 2 εκατομμύρια τόνους [ΕΣΥΕ]. Οι αποδόσεις του σιταριού κυμαίνονται από 150-800 κιλά/στρέμμα το σκληρό και 200-900 κιλά/στρέμμα το μαλακό, σύμφωνα με το Ινστιτούτο Σιτηρών Θεσσαλονίκης. Οι αποδόσεις σε σπόρο κυμαίνονται από 30-56%. Το κριθάρι επίσης καλλιεργείται σε όλη την χώρα. Το 1999 η συνολική

καλλιεργούμενη έκταση ήταν 1,3 εκατομμύρια στρέμματα με παραγωγή 0,29 εκατομμύρια τόνους [ΕΣΥΕ]. Οι αποδόσεις κυμαίνονται από 150-700 κιλά/στρέμμα και οι αποδόσεις σε σπόρο από 23-54%.

Τα τελευταία 5 χρόνια, η δραστηριότητα στη χρήση του σιταριού και του κριθαριού ως πρώτη ύλη για παραγωγή βιοαιθανόλης είναι μεγάλη. Η Ισπανία έχει τη σημαντικότερη ενεργοποίηση στον τομέα της βιοαιθανόλης και μετά έρχεται η Γαλλία. Στην Ισπανία η δυναμικότητα έφθασε το 2004 500 εκατομμύρια λίτρα, με πρώτη ύλη το σιτάρι και το κριθάρι (από 3 εργοστάσια). Ενώ στην Γαλλία το 20% της παραγωγής βιοαιθανόλης είναι από σιτηρά. Τα τελευταία 7 χρόνια η καλλιεργούμενη έκταση στην Γαλλία σχεδόν τριπλασιάστηκε. (www.navem.nl).

Από 1 στρέμμα σιτάρι κατά μέσο όρο παίρνουμε 150-800 κιλά σπόρο με αντίστοιχη παραγωγή 42-240 λίτρα βιοαιθανόλης.

6) ζαχαρότευτλα: *Reta vulgaris L.*

Είναι διεικής τύπος τεύτλου, που καλλιεργείται εμπορικά λόγω της υψηλής περιεκτικότητας των ριζών του σε σάκχαρα. Οι ρίζες των τεύτλων περιέχουν 20% σάκχαρα κάνοντας τα την δεύτερη σημαντική πηγή σακχάρων μετά το ζαχαροκάλαμο (Duke 1983), (fao 2007).

Σύμφωνα τον FAO, η συνολική παγκόσμια παραγωγή έφτασε τους 246,7 τόνους το 2007 και καλλιεργήθηκε σε περισσότερα από 60 εκατομμύρια στρέμματα.

Στην χώρα μας, η καλλιέργεια των ζαχαρότευτλων είναι διάσπαρτη. Αν και η παραγωγή μειώθηκε ελάχιστα η συνολική καλλιεργούμενη έκταση αυξήθηκε το 1991 σε 0,40 εκατομμύρια στρέμματα το 1999, με ετήσια παραγωγή 2,6 και 2,4 εκατομμύρια τόνους αντίστοιχα. [ΕΣΥΕ]. Σύμφωνα με το FAO οι αποδόσεις ανέρχονται σε 6,250 κιλά/στρέμμα.

Οι αποδόσεις της χώρας μας είναι οι ψηλότερες στην Ευρώπη και το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής ζαχαρότευτλων είναι για παραγωγή καρτιού και για ζωοτροφή.

Τα τελευταία χρόνια, τα ζαχαρότευτλα χρησιμοποιούνται για παραγωγή βιοαιθανόλης. Στην Γαλλία το 2003 το 80% της παραγόμενης βιοαιθανόλης προήλθε από ζαχαρότευτλα και το υπόλοιπο από δημητριακά φυτά. (www.cordis.lu/euroabstracts/).

Από 1 στρέμμα ζαχαρότευτλου παράγονται κατά μέσο όρο 600 λίτρα βιοαιθανόλης.

7) Αραβόσιτος: *Zea mays L.*

Τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια, ο αραβόσιτος χρησιμοποιείται και ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης, με κυριότερη παραγωγή των ΗΠΑ. Η παραγωγή βιοαιθανόλης τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια υπερτριπλασιάστηκε και από 8 εκατομμύρια τόνους το 1989 έφτασε στους 28 εκατομμύρια τόνους το 2003. Σήμερα λειτουργούν 73 αμερικανικά εργοστάσια ενώ 16 είναι υπό κατασκευή.

8) Γλυκό Σόργο

Βασίλειο: Φυτά [Plantae]

Συνομοταξία: Αγγειόσπερμα [Magnoliophyta]

Ομοταξία: Μονοκοτυλήδονα [Liliopsida]

Τάξη: Κυπειρώδη [Cyperales]

Οικογένεια: Ποσειδή [Poaceae]

Γένος: Σόργο [Sorghum]



Το σόργο είναι ένα από τα πέντε κορυφαία δημητριακά στον κόσμο μαζί με το σιτάρι, τη βρώμη, το καλαμπόκι και το κριθάρι. Κατάγεται από την Αφρική όμως στην αρχαιότητα έχει καλλιεργηθεί και στην Αίγυπτο. Ο μεγαλύτερος παραγωγός του σόργου ακόμα και στην σύγχρονη εποχή είναι η Αφρική, παρ' όλα αυτά η καλλιέργεια έχει εξαπλωθεί και σε νότια Ασία και στην Αμερική. Στην παραδοσιακή μορφή το σόργο έχει μια επιβλητική μορφή φυτού πάνω από τα 6 πόδια ψηλά [2 μέτρα], αν και πολλές ποικιλίες που προορίζονται για καλλιέργεια ονομάζονται φυλές νάνους, τα οποία είναι ειδικά σχεδιασμένα για εύκολη συγκομιδή. Στην Αφρική ωστόσο παραδοσιακά καλλιεργείται ακόμα το ψηλό σόργο που διατίθεται για ποικίλες χρήσεις.

Το σόργο είναι ετήσιο φυτό και είναι εξαιρετικά ανθεκτικό στην ξηρασία καθιστώντας το μια εξαιρετική επιλογή για τις άγονες και ξηρές περιοχές. Το σόργο προσαρμόζεται εύκολα στις ακραίες καιρικές συνθήκες και αποτελεί μια πολύ σταθερή πηγή της διατροφής. Το σόργο είναι συνήθως κόκκινου χρώματος και σκληρό όταν ωριμάσει. Οι σπόροι αποθηκεύονται εύκολα μετά την συγκομιδή. Η συγκομιδή του γίνεται μηχανικά τις περισσότερες φορές και οι απώλειες που υπάρχουν κατά την μηχανική συγκομιδή του σόργου είναι όταν είναι το σόργο υγρό.

ΒΟΤΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ

Το ύψος του κυμαίνεται από 160-200cm. Τα στελέχη του είναι λεπτά αδύνατα με καλό αδελφωμα και πλούσια αναβλάστηση. Σημαντικό επίσης είναι ότι το εσωτερικό του στελέχους είναι αρκετά χυμώδες. Το μήκος των φύλλων του κυμαίνεται από 40 ως 60cm. Οι νευρώσεις των φύλλων του είναι κιτρινωπές, ενώ η φόβη είναι αραιή και πλατιά. Χαρακτηριστικό επίσης είναι το βάρος των 1000 σπόρων 20-26 gr καθώς και το χρώμα των σπόρων που είναι κόκκινο-καφέ. Το χόρτο του σόργου αποτελεί τελεία τροφή για βόσκηση δεδομένης της υψηλής αντοχής στην ξηρασία ακόμα και σε ξερικά χωράφια δίνει ικανοποιητικές αποδόσεις. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι είναι αρκετά πρώιμο φυτό. Κατά την καλλιέργεια του πρέπει να προσεχθεί η ζιζανιοκτόνα σε αρχικά στάδια και το κάλο φιλοχωματισμένο έδαφος επειδή ο σπόρος είναι σχετικά μικρός και η αρχική ανάπτυξη του είναι αργή. Βεβαία απαραίτητη προϋπόθεση για μια καλή και υγιή σπορά είναι η θερμοκρασία εδάφους να είναι πάνω από 17 C. Επίσης μπορεί να σπαρθεί και επίσπορο. Η ενδεικτική λίπανση για το σόργο είναι 16-17kg N, 7-8kg P, 12-14kg K.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την σπορά του σόργου είναι η θερμοκρασία του εδάφους που πρέπει να είναι πάνω από 17 C. Μπορεί να σπαρθεί και επίσπορο. Χαρακτηριστικά κατά την σπορά του σόργου είναι τα εξής:

- Είναι Αμερικάνικο υβρίδιο, ειδικό για παραγωγή για την παραγωγή χλωρομάζας.
- Εξαιρετική ζωοτροφή πλούσια σε σάκχαρα.
- Κόβεται αφού τα φυτά περάσουν το 1,5 μέτρο ύψος και απαραίτητως πριν εμφανιστεί η φούντα.
- Χρησιμοποιείται φρέσκο, αλλά και για ενσίρωση.
- Έχει ταχύτητα αναβλάστησης.
- Δίνει 3 ως 5 κοπές το χρόνο.
- Σπέρνεται από Μάρτιο με 5 κιλά ανά στρέμμα το υβρίδιο ή με 2 κιλά ανά στρέμμα η ποικιλία.
- Παράγει ως 15 τόνους χλωρομάζας ανά στρέμμα.
- Μετά από κάθε κόψιμο ακολουθεί λίπανση με 10kg νιτρική αμμωνία ανά στρέμμα και πότισμα
- Εξαντλεί το χωράφι οπότε μετά απαραίτητως ακολουθεί ένα ψυχανθή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Για την παραγωγή της βιοαιθανόλης χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη το ζαχαροκάλαμο στη Βραζιλία, αραβόσιτος στις ΗΠΑ, δημητριακά (σιτάρι, κριθάρι κ.α.) και ζαχαρότευτλα στην ΕΕ.

Επίσης το γλυκό σόργο είναι μια νέα και πολλά υποσχόμενη καλλιέργεια για παραγωγή της βιοαιθανόλης καθώς και των παραγώγων της, μέσω ζύμωσης των σακχάρων που περιέχονται στο φυτικό χυμό του.

Αυτό αποκτά ιδιαίτερη αξία για περιοχές μη τροπικές όπου το ζαχαροκάλαμο δεν ευδοκίμει, όπως είναι η Ευρώπη. Στον πίνακα αναφέρεται το κόστος παραγωγής της βιοαιθανόλης από διάφορες πρώτες ύλες.

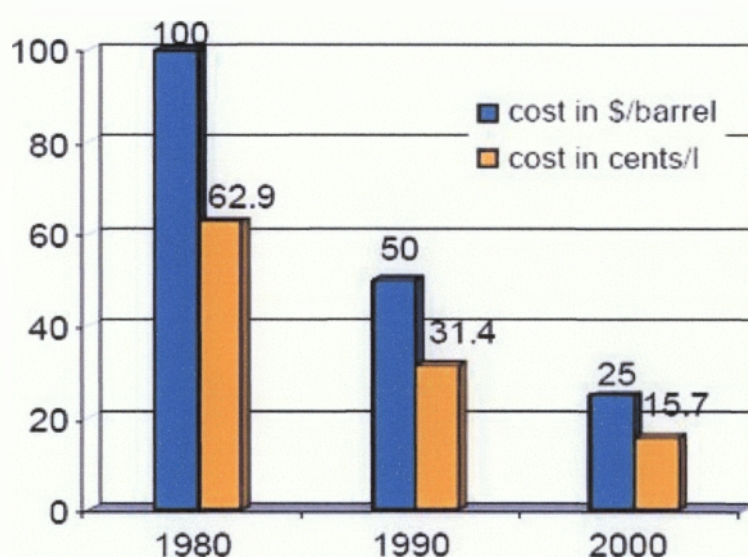
Πίνακας 4. Εκτιμώμενο κόστος παραγωγής βιοαιθανόλης από διάφορες πρώτες ύλες.

ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ	ΚΟΣΤΟΣ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ (€/m ³)
Ζαχαρότευτλα	230 - 530
Ζαχαροκάλαμο	170 - 200
Γλυκό Σόργο	155 - 230
Καλαμπόκι	210 - 320
Σιτάρι	600
Λιγνοκυτταρινούχες	140 - 350
Πατάτα	760

Το κόστος παραγωγής αιθανόλης από καλαμπόκι στις ΗΠΑ είναι 0,21 ευρώ/λίτρο και στα πρατήρια καυσίμων, η τιμή πώλησης του καυσίμου E85 (85% αιθανόλη + 15% βενζίνη) είναι 0,50 ευρώ/λίτρο όταν η αντίστοιχη τιμή της βενζίνης είναι 0,58 ευρώ/λίτρο (Ιούλιος 2007). Επειδή η αιθανόλη έχει 67% του ενεργειακού περιεχομένου(θερμογόνου

δύναμης, κατ' όγκο) της βενζίνης, το κόστος της αιθανόλης που ισοδυναμεί με ένα λίτρο βενζίνης είναι 0,71 ευρώ/λίτρο.

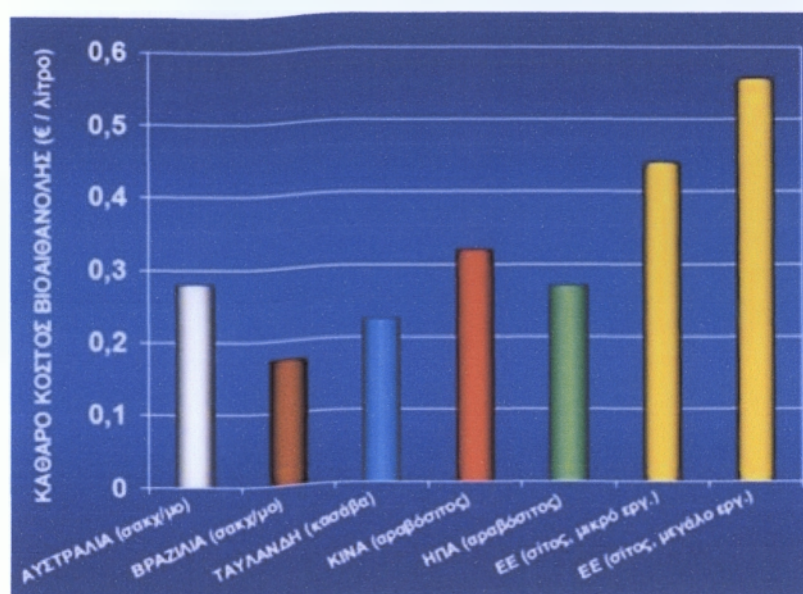
Η Βραζιλία παράγει ακόμη φθηνότερη βιοαιθανόλη, με κόστος παραγωγής 0,17 ευρώ/λίτρο. Η λιανική τιμή πώλησης της αιθανόλης είναι 0,55 ευρώ/λίτρο όταν η αντίστοιχη τιμή της βενζίνης είναι 0,94 ευρώ/λίτρο (Ιούλιος 2007). Το κόστος της αιθανόλης που ισοδυναμεί με ένα λίτρο βενζίνης είναι 0,74 ευρώ/λίτρο. Η Βραζιλία είναι η μοναδική χώρα παγκοσμίως όπου πλέον η βιοαιθανόλη που παράγεται από ζαχαροκάλαμο είναι ήδη ανταγωνιστική έναντι των ορυκτών υγρών καυσίμων.



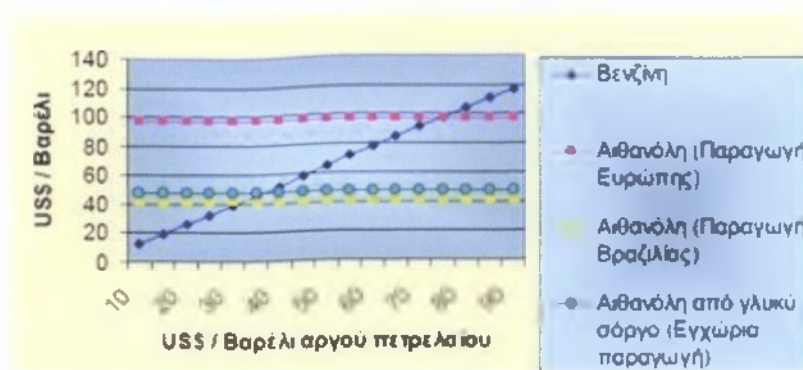
Γράφημα 1. Μείωση του κόστους παραγωγής της βιοαιθανόλης στη Βραζιλία (πηγή Goldberg, 2007)

Για την ΕΕ όπου η βιομηχανία αιθανόλης είναι λιγότερο αναπτυγμένη, η παραγόμενη βιοαιθανόλη γίνεται ανταγωνιστική της βενζίνης για τιμές πετρελαίου 90 € ανά βαρέλι, ενώ υπολογίζεται ότι η έρευνα και η τεχνολογική ανάπτυξη στον τομέα των βιοκαυσίμων θα επιφέρει μείωση κόστους κατά 30% μετά το έτος 2010.

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται το κόστος παραγωγής αιθανόλης σε διάφορες χώρες από διάφορες καλλιέργειες (πρώτο διάγραμμα) και η σύγκριση των τιμών βενζίνης και αιθανόλης ως συνάρτηση της τιμής αργού πετρελαίου (δεύτερο διάγραμμα).



Γράφημα 2 .Κόστος παραγωγής αιθανόλης σε διάφορες χώρες από διάφορες καλλιέργειες.



Γράφημα 3. Σύγκριση των τιμών βενζίνης και αιθανόλης ως συνάρτηση της τιμής αργού πετρελαίου.

Προς το παρόν, η βιομηχανία αιθανόλης είναι ανύπαρκτη στην Ελλάδα, ενώ αναμένονται εξελίξεις σχετικά με τη μετατροπή από ζαχαρουργεία σε εργοστάσια βιοαιθανόλης, των εργοστασίων της Ελληνικής Βιομηχανίας Ζάχαρης σε Λάρισα και Ξάνθη.

Το δυναμικό παραγωγής βιοαιθανόλης των καλλιεργειών στην Ελλάδα, παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 5. Απόδοση σε βιοαιθανόλη ανάλογα την πρώτη ύλη (2007)

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ	ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ (κιλά/στρέμμα)	ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ (λίτρα/στρέμμα)
ΣΙΤΑΡΙ	150 - 800	45 - 240
ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	900	270
ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΟ	6.000	600
ΓΛΥΚΟ ΣΟΡΓΟ	7.000 - 10.000	675 - 900

Πηγή: ΚΑΠΕ

Στη Βραζιλία, ένα στρέμμα ζαχαροκάλαμου παράγει 570-760 λίτρα βιοαιθανόλης. Το γλυκό σόργο μπορεί να γίνει στο κοντινό μέλλον, το ζαχαροκάλαμο της Μεσογείου, διότι με την χρήση των νέων τεχνικών η στρεμματική απόδοση σε βιοαιθανόλη μπορεί να ξεπεράσει τα 1100 λίτρα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.

5.1. Μέθοδος μέτρησης αναγόντων σακχάρων-D.N.S

Η μέθοδος DNS χρησιμοποιείται για την μέτρηση αναγόντων σακχάρων που εμπεριέχονται σε ένα αμυλούχο διάλυμα. Το δείγμα θα πρέπει να είναι κατάλληλα προετοιμασμένο για να μετρηθεί με την προκειμένη μέθοδο. Μετά την προσθήκη αντιδραστηρίων στο δείγμα για να είναι εφικτή η μέτρηση, το δείγμα τοποθετείται σε κυβέτες και μετριέται σε φασματοφωτόμετρο GBC UV/VIS 916. Κάθε απορρόφηση αναλογεί σε κάποια συγκέντρωση αναγόντων σακχάρων που περιέχονται στην αντίστοιχη κάθε φορά αραιώση του δείγματος.

Το αντιδραστήριο D.N.S από το οποίο έχει πάρει και το όνομα της και η μέθοδος, περιέχει τα παρακάτω αντιδραστήρια:

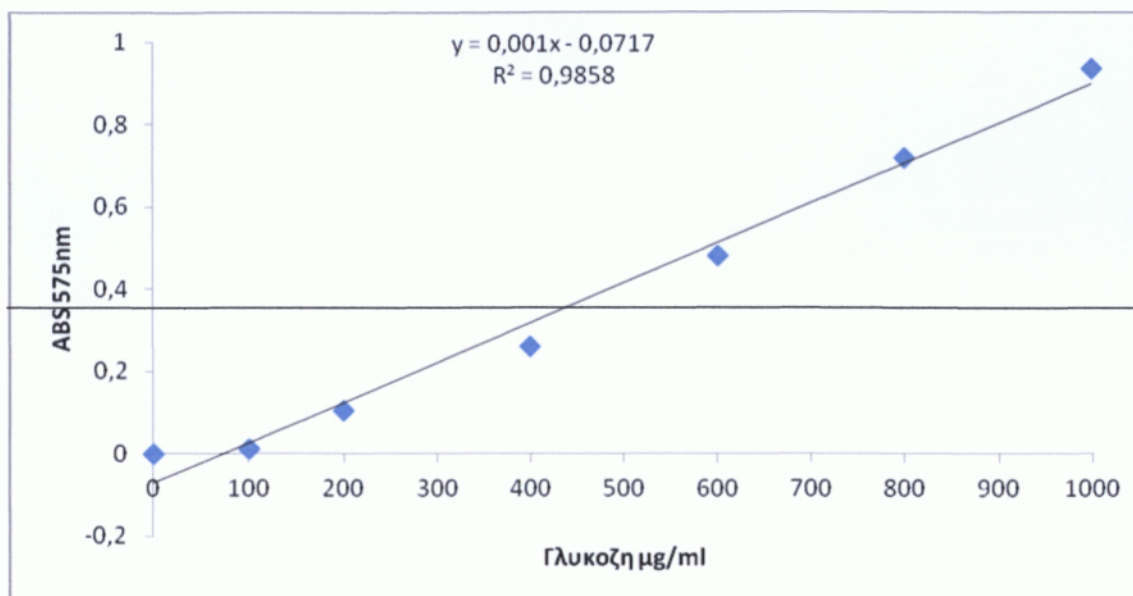
- ✓ 1% δινιτροσαλικυλικό οξύ, 2% φαινόλη, 1% NaOH και τέλος προσθήκη νερού μέχρι τον τελικό επιθυμητό όγκο.
- ✓ Na₂SO₃ 0,05%
- ✓ KNa tartate περιεκτικότητας 40 %
- ✓ Πρότυπο διάλυμα γλυκόζης 1000 ppm.

5.1.1 Πειραματική διαδικασία D.N.S

Στα 2 ml διαλύματος του δείγματος προστίθενται 3 ml διαλύματος D.N.S και 50ml Na₂SO₃. Το μείγμα μεταφέρεται για 15min σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας 95° C. Αμέσως μετά, προστίθεται 1 ml 40% KNa tartate ενώ ακόμα είναι ζεστό. Στη συνέχεια προσθέτουμε 4 ml νερού και αναδεύουμε το διάλυμα στο Vortex.

Το φασματοφωτόμετρο ρυθμίζεται σε απορρόφηση Abs : 575nm, μηδενίζεται το μηχάνημα, μετριέται η πρότυπη καμπύλη γλυκόζης (0 έως 1000ppm) και τέλος προβαίνουμε στην μέτρηση των δειγμάτων. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε µg/ml γλυκόζης

5.1.2 Καμπύλη αναφοράς αναγόντων σακχάρων



5.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΟΛΙΚΩΝ ΣΑΚΧΑΡΩΝ

Ζυγίζουμε 1,00 gr δείγματος στο οποίο προσθέτουμε 100ml H₂O. Ανακατεύουμε για 1 h . Περνάμε το δείγμα από το blender για 30 sec. Φιλτράρουμε με whatman # 1. Αν χρειαστεί κάνουμε αραιώσεις . Τοποθετούμε 1 ml δείγματος σε δοκιμαστικό σωλήνα. Στην συνέχεια προσθέτουμε 0,1 ml (80 %)φαινόλη. Μετά την προσθήκη αναμειγνύουμε καλά. Έπειτα προσθέτουμε 4 ml πυκνό H₂SO₄ και αναμειγνύουμε. έως 1000 ppm). Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε μg/ml γλυκόζης.

Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιούνται σε αυτή την μέθοδο:

- 80 % w/w φαινόλη
- πυκνό H₂SO₄
- Standard γλυκόζης 0,1(gr/l) H₂O

5.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΙΘΑΝΟΛΗΣ

Για την μέτρηση της περιεχόμενης αιθανόλης χρησιμοποιήθηκε το kit της εταιρείας Boehringer Mannheim Cat.no 10 176 290 035.

Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιούνται στην μέθοδο προσδιορισμού αιθανόλης στο δείγμα είναι τα παρακάτω.

- ✓ Διάλυμα 1. Με περίπου 100 ml διαλύματος το οποίο αποτελείται από : potassium dihydrophosphate με pH περίπου 9,0
- ✓ Διάλυμα 2. Με περίπου 30 ταμπλέτες , η κάθε μία από της οποίες αποτελείται από: NAD περίπου 4 mg aldehyde dehydrogenase περίπου 0,8 U
- ✓ Διάλυμα 3. Με περίπου 1,6 ml suspension, αποτελούμενο από: ADH, περίπου 7000 U
- ✓ Διάλυμα 4. Περιέχει διάλυμα ελέγχου αιθανόλης (μετρήσεις σε αυτό το διάλυμα δεν είναι απαραίτητο για την διεξαγωγή των αριθμητικών αποτελεσμάτων). Το διάλυμα αυτό χρησιμοποιείται αδιάλυτο.

Τα διαλύματα που δημιουργούμε είναι δύο ένα τυφλό διάλυμα και το κυρίως δείγμα μας. Με την χρήση πιπέτας μεταφέρονται τα παρακάτω διαλύματα στις κυβέτες, με τον τρόπο και την ποσότητα που αναγράφεται στον παρακάτω πίνακα

Πίνακας 6 Μέτρηση αιθανόλης

Αντιδραστήρια	Τυφλό Δείγμα	Δείγμα
Διαλ.2	3,000 ml	3,000 ml

Αντιδραστήριο	Τυφλό Διάλυμα	Δείγμα
Διαλ. 3	0,050ml	0,050ml
Απιονισμένο νερό	0,100 ml	-
Διάλ. 1	-	0,100 ml

Τα διαλύματα αναδεύονται, μετά το πέρας τριών λεπτών περίπου διαβάζονται οι απορροφήσεις τους από το φασματοφωτόμετρο οι οποίες ονομάζονται (A1) blank και (A1) sample. Η αντίδραση ξεκινά με την προσθήκη των παραπάνω αντιδραστηρίων.

Η αντίδραση ολοκληρώνεται μετά το πέρας των 5-10 min, όπου τα διαλύματα υπόκεινται σε ανάδευση και έπειτα διαβάζονται οι απορροφήσεις το ένα αμέσως μετά το άλλο και ονομάζονται (A2).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

Επιλογή κατάλληλου στελέχους *S. Cerevisiae*

Σημαντικός παράγοντας για την αυξημένη παραγωγή βιοαιθανόλης από μικροοργανισμούς είναι η επιλογή του στελέχους εκείνου που είναι αποδοτικότερος στον μεταβολισμό αναγόντων σακχάρων προς παραγωγή αιθανόλης. Όσο υπάρχει οξυγόνο, το μόνο που μπορεί να κάνει κάθε στέλεχος είναι να αναπτύξει την βιομάζα του, ενώ όταν καταναλωθεί το υπάρχον οξυγόνο αρχίζει να μεταβολίζει τα ανάγοντα σάκχαρα προς παραγωγή αιθανόλης. Μετρώντας λοιπόν τα ανάγοντα που καταναλώνει, την ξηρή βιομάζα κυττάρων που παράγει καθώς και την βιοαιθανόλη από πρότυπο σακχαρούχο υπόστρωμα, θα καταφέρουμε να επιλέξουμε το αποδοτικότερο μικροβιακό στέλεχος για να παράγουμε βιοαιθανόλη στον επιθυμητό βαθμό, δηλαδή όσο το δυνατόν πιο κοντά στο θεωρητικό ποσοστό παραγωγής, δηλαδή το 50 % των αναγόντων που καταναλώνει το στέλεχος.

Τα στελέχη των μικροοργανισμών που χρησιμοποιούμε στη διεκπεραίωση των πειραμάτων, ανήκουν στην οικογένεια *Saccharomyces Cerevisiae*. Τα στελέχη που δοκιμάστηκαν συνήθως χρησιμοποιούνται για την ζύμωση ψωμιού και μπύρας καθώς έχουν την ιδιότητα να μεταβολίζουν τη γλυκόζη προς παραγωγή αιθανόλης, και ήταν τα παρακάτω: 2056, AXA 2-1, bayanus, FT5, 499, 500, 10065. Πραγματοποιήθηκαν δοκιμές και μετρήσεις σε συνθετικό υγρό θρεπτικό υπόστρωμα προκειμένου να επιλεγεί το κατάλληλο στέλεχος το οποίο θα εμβολιασθεί σε υπόστρωμα φλοιού πατάτας.

6.1 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΤΕΛΕΧΩΝ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*

Τα στελέχη που χρησιμοποιήθηκαν διατηρούνται σε λυοφιλισμένη μορφή. Για αυτό το λόγο ο μικροοργανισμός πρέπει να υποστεί

αναγέννηση και στην συνέχεια να καλλιεργηθεί σε στερεό θρεπτικό υπόστρωμα ώστε να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί.

Η αναγέννηση του μικροοργανισμού επιτυγχάνεται με τη χρήση του θρεπτικού μέσου Nutrient Broth που περιέχει τα κατάλληλα θρεπτικά συστατικά που χρειάζεται. Το διάλυμα υπόκειται σε ανάδευση και αποστείρωση στους 121° C, 1,2 atm για 15 min. Στο διάλυμα προστίθενται οι λυοφιλιζόμενοι μικροοργανισμοί και ακολουθεί ανάδευση και παραμονή για 24 h.

Στην συνέχεια κρίνεται παρασκευάζεται το θρεπτικό υπόστρωμα απαραίτητη η παρασκευή του θρεπτικού υλικού για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Παρασκευάζουμε υγρό και στερεό θρεπτικό υπόστρωμα (agar) .

Το Agar έχει ως βάση το αντιδραστήριο Potato Glucose ή Dextrose Agar(P.D.A) με αναλογία 39 gr P.D.A / 1L νερού.

Διαλυτοποιούμε το διάλυμα με την χρήση θέρμανσης και ανάδευσης. Λίγο πριν το σημείο βρασμού το διάλυμα απομακρύνεται από την παροχή θερμότητας. Εκείνη την στιγμή το διάλυμα έχει γίνει διαυγές. Μετά την αποστείρωση τοποθετείται στους δοκιμαστικούς σωλήνες και αποστειρώνεται σε 121° C για 35 min. Μετά την αποστείρωση οι δοκιμαστικοί σωλήνες αφήνονται σε κεκλιμένο επίπεδο το στερεό θρεπτικό υπόστρωμα έτσι ώστε η επιφάνεια την οποία έχει ο μικροοργανισμός για να αναπτυχθεί να είναι μεγαλύτερη.

Το στερεό θρεπτικό υπόστρωμα που εναλλακτικά χρησιμοποιήθηκε περιέχει τα παρακάτω (Mojovic,et all 2006):

✓ *Malt extracts* 3g/l

✓ *Yeast extracts* 3g/l

✓ *Peptone* 5 g/l

✓ *Agar* 20 g/l

✓ *Distilled water* 1 l

Από τους παλαιότερους δοκιμαστικούς οι οποίοι βρίσκονταν στην συντήρηση, μεταφέρονται στελέχη στους καινούργιους και πρόσφατα αποστειρωμένους δοκιμαστικούς σωλήνες που περιέχουν το στερεό θρεπτικό υπόστρωμα. Μετά από 2-3 ημέρες σε κατάλληλο επωαστικό θάλαμο στον οποίο δεν επιτρέπονται οι επιμολύνσεις, οι μικροοργανισμοί έχουν δημιουργήσει νέες αποικίες και είναι έτοιμοι για να χρησιμοποιηθούν στον εμβολιασμό.

6.2 ΕΜΒΟΛΙΑΣΜΟΣ ΣΕ ΥΓΡΟ ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

Το επόμενο στάδιο είναι ο εμβολιασμός σε υγρό θρεπτικό υπόστρωμα. Για κάθε στέλεχος δημιουργούμε μια κωνική φιάλη η οποία περιέχει υγρό θρεπτικό υπόστρωμα (Mojovic, et all 2006):

- ✓ *Glucose* 10 gr g/l
- ✓ *Yeast extracts* 3g/l
- ✓ *Peptone* 3.5 gr g/l
- ✓ *KH₂PO₄* 2.0 g/l
- ✓ *MgSO₄ x 7H₂O* 1.0 g/l
- ✓ *(NH₂)₂SO₄* 1.0 g/l

Προστέθηκε και απιονισμένο νερό 500 ml

Ακολουθεί αποστείρωση του θρεπτικό υποστρώματος το οποίο είναι μοιρασμένο σε κωνικές Erlenm Mayer. Η αποστείρωση διαρκεί 15 min στους 121 ° C.

Οι κωνικές φιάλες που εμβολιάζονται με τα στελέχη αφήνονται να μεταβολίσουν τα σάκχαρα τρεις ημέρες υπό ανάδευση στους 28 °C . Μετά το πέρας των τριών ημερών μετριέται η παραγόμενη αιθανόλη καθώς και η συγκέντρωση εναπομεινάντων αναγόντων σακχάρων.

6.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΞΗΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΜΕ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΣΗ.

Για την μέτρηση του Ξ.Β. βιομάζας των κυτάρων λαμβάνουμε 10 ml καλλιέργειας, τα οποία φυγοκεντρούνται σε 6000 rpm για 15 min. Μετά το πέρας της φυγοκέντρωσης διαχωρίζεται το υπερκείμενο υγρό από το ίζημα. Το ίζημα ζυγίζεται πριν και μετά την ξήρανση του σε φούρνο 85°C για 24 h. Η παραπάνω διεργασία επαναλαμβάνεται για κάθε στέλεχος ξεχωριστά. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε g Ξ.Β/ lt καλλιέργειας.

6.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΝΑΓΟΝΤΩΝ ΣΑΚΧΑΡΩΝ ΚΑΘΕ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ

Τα αποτελέσματα των αναγόντων σακκάρων που μετρήθηκαν για κάθε στέλεχος ξεχωριστά με την χρήση της μεθόδου D.N.S καταγράφονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 6 Μέτρηση αναγόντων σακκάρων και ξηρού βάρους βιομάζας

Στελέχη	Αρχικά σάκκαρα (g/l)	Τελικά σάκκαρα (g/l)	Καταναλωθέντα σάκκαρα (g/l)	Καταναλωθέντα σάκκαρα %	Ξηρό βάρος βιομάζας g/l
2056	20	0.0569	19.95	99.75	3.21
ΑΧΑ2-1	20	0.0830	19.92	99.60	2.61
Bayanus	20	0.6877	19.31	96.55	1.18
FT5	20	0.0023	19.99	99.95	1.37
499	20	0.0275	19.97	99.85	1.04
500	20	0.036	19.98	99.90	0.97
10065	20	0.0033	19.99	99.95	2.58

Πίνακας 7 Μέτρηση αιθανόλης συγκριτικά με τα θεωρητικά αναμενόμενα αποτελέσματα

Στελέχη	Αιθανόλη (g/l)	Απόδοση Y p/s	Μαχ Θεωρητικού %
2056	7.62	0.39	78.96
ΑΧΑ 2-1	4.19	0.21	42.06
Bayanus	8.62	0.44	89.32
FT5	6.10	0.30	61.03
499	7.74	0.38	77.55
500	7.62	0.38	76.27
10065	7.90	0.39	79.07

6.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ

- Όλα τα στελέχη έχουν την δυνατότητα να μεταβολίζουν τα διαθέσιμα ανάγοντα σχεδόν πλήρως (99,8 %)
- Όπως φαίνεται από τα παραπάνω πειραματικά δεδομένα όλα τα στελέχη που χρησιμοποιήσαμε έχουν την δυνατότητα υψηλής παραγωγής αιθανόλης στο πρότυπο υπόστρωμα σακκάρων. Το εύρος τιμών για την παραγωγή αιθανόλης είναι από 4.19-7.90 g/l.
- Η απόδοση παραγωγής αιθανόλης κυμάνθηκε από 0.21 (για το στέλεχος ΑΧΑ2-1) και 0.44 (για το στέλεχος bayanus). Οι τιμές αυτές αντιστοιχούν σε 42% του θεωρητικού (για το στέλεχος ΑΧΑ2-1) και 89.32 % του θεωρητικού (για το στέλεχος bayanus).
- Η καλύτερη τιμή παραγωγής βιοαιθανόλης αποδίδεται από το στέλεχος bayanus, ενώ η χειρότερη από το ΑΧΑ2-1.
- Η παραγωγή υπερβολικής βιομάζας είναι ένας ανασταλτικός παράγοντας για την παραγωγή βιο-αιθανόλης. Η δημιουργία

βιομάζας κατά την ύπαρξη οξυγόνου συναγωνίζεται ποσοστιαία την παραγωγή αιθανόλης. Οπότε το στέλεχος με το υπερβολικό ξηρό βάρος βιομάζας, που είναι το AXA2-1 εξηγεί και την χαμηλή ποσότητα αιθανόλης που έχει δυνατότητα να παράγει.

- Όπως φαίνεται από τα παραπάνω πειραματικά δεδομένα, το στέλεχος με την μεγαλύτερη απόδοση σε παραγωγή αιθανόλης είναι το bayanus. Αυτό είναι το στέλεχος που θα χρησιμοποιηθεί για την ζύμωση του σόργου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7.1 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΓΛΥΚΟ ΣΟΡΓΟ

Για την παραγωγή βιοαιθανόλης από γλυκό σόργο χρησιμοποιήθηκαν 8 υβρίδια από το Σταθμό Γεωργικής Έρευνας Παλαμά - Καρδίτσας.

Ο πίνακας 1 δείχνει τα υβρίδια που χρησιμοποιήθηκαν και την περιεχόμενη υγρασία τους.

Πίνακας 8. Υβρίδια γλυκού σόργου και η περιεχόμενη υγρασία τους.

Ποικιλίες	Υγρασία %
No 1	86.32
No 2	69.20
No 3	88.08
No 4	69.90
No 5	74.26
No 6	69.95
No 7	70.66
H133	63.76

Για την παραγωγή βιοαιθανόλης από γλυκό σόργο ακολουθήθηκαν 2 τεχνικές. Στην πρώτη έγινε εξαγωγή του χυμού και παραγωγή βιοαιθανόλης από αυτόν, ενώ στη δεύτερη χρησιμοποιήθηκαν ολόκληροι βλαστοί του φυτού.

7.2 ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ

Οι βλαστοί του γλυκού σόργου, αφού παρελήφθησαν, αφαιρέθηκαν τα φύλλα και απορρίφθηκαν τα προσβεβλημένα από έντομα ή μύκητες.

Τα υγιή φυτά τεμαχίστηκαν σε τεμάχια του 0,5 - 1 cm. Ακολούθησε έκθλιψη και εξαγωγή του χυμού υπό πίεση 15000 libr/in. Από κάθε

υβρίδιο η αρχική ποσότητα ήταν 1500g περίπου. Μετρήθηκε η ποσότητα του εξαγόμενου χυμού στο οποίο και μετρήθηκαν τα περιεχόμενα ολικά σάκχαρα.

Στον πίνακα 2 δίνονται το % ποσοστό του εξαγόμενου χυμού καθώς και τα περιεχόμενα σάκχαρα (%).

Πίνακας 9. Ποσοστό του εξαγόμενου χυμού καθώς και περιεχόμενα σάκχαρα

Εξαγόμενος χυμός (% v/w)	Ολικά σάκχαρα χυμού (g/v)
45.85	11.35
46.60	12.54
55.33	12.96
52.63	14.70
55.36	8.89
47.15	13.56
42.64	8.93
38.72	16.39

Από τον πίνακα 9 φαίνεται ότι το ποσό του εξαγόμενου χυμού κυμάνθηκε από 38,72% (H133) έως 55,3% για τις 3 και 5, ενώ οι 1,2,6 και 7 ήταν περίπου 45%.

Αντίστοιχα το ποσοστό των ολικών σακχάρων στο χυμό ήταν 8.93% για το υβρίδιο 7, έως 16,39% για το H133.

Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι το H133 παρά το ότι έδωσε σημαντικά μικρότερη ποσότητα χυμού, εντούτοις είχε την υψηλότερη συγκέντρωση σακχάρων. Το αντίθετο ισχύει για το υβρίδιο 5 με την υψηλότερη ποσότητα χυμού (55,3%) αλλά το χαμηλότερο ποσοστό περιεχομένων σακχάρων (8,89%).

Από την άλλη το υβρίδιο No 4 έδωσε υψηλή ποσότητα παραλαμβανόμενου χυμού (52,63%) με ταυτόχρονη υψηλή συγκέντρωση σακχάρων (14,70%).

7.3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΧΥΜΟ ΓΛΥΚΟΥ ΣΟΡΓΟΥ

7.3.1 Πειραματική Διαδικασία

Σε κωνική φιάλη Erlen Mayer 250ml τοποθετήθηκαν 25ml χυμού γλυκού σόργου και 125ml νερού. Προστέθηκε επίσης 0,2% peptoue και 0,3% NH₄NO₃ σαν πηγή αζώτου (N). Η συγκεκριμένη αναλογία χυμού / νερού επιλέχθηκε ώστε η συγκέντρωση των σακχάρων στο υπό ζύμωση διάλυμα να είναι περίπου 20g/lit. Μια μεγαλύτερη συγκέντρωση σακχάρων μπορεί να δρα ανασταλτικά στην δράση των μικροοργανισμών, με αποτέλεσμα την μειωμένη παραγωγή βιοαιθανόλης.

Το μείγμα αποστειρώθηκε στους 121 οC για 15 min και ακολούθησε εμβολιασμός με 10 ml υγρής καλλιέργειας *S. cerevisiae* var. Bayanus. Σε κάθε κωνική φιάλη τοποθετήθηκε μια παγίδα αέρα,για την δημιουργία συνθηκών αναεροβίωσης απαραίτητη για την μετατροπή των σακχάρων σε αιθανόλη.

Η ζύμωση διήρκησε 3 μέρες στους 28°C υπό μικρή ανάδευση.

7.3.2 Αποτελέσματα ζύμωσης χυμού γλυκού σόργου.

Στον πίνακα 10 δίνεται η αρχική συγκέντρωση των σακκάρων στα υπό εξέταση υβρίδια γλυκού σόργου, η συγκέντρωση των σακκάρων μετά το πέρας της ζύμωσης και τέλος η συνολική κατανάλωση τους.

Η αρχική συγκέντρωση σακκάρων κυμάνθηκε περίπου στα 20 g/lt μια ποσότητα που δεν δημιουργεί συνθήκες παρεμπόδισης της μικροβιακής ζύμωσης.

Στο τέλος της ζύμωσης, το εναπομείναν ποσό σακκάρων ήταν από 1-2 g/l, που δείχνει ότι κατά τη διάρκεια της ζύμωσης καταναλώθηκαν σχεδόν όλα τα διαθέσιμα σάκχαρα. Έτσι το ποσοστό των καταναλωθέντων σακκάρων ανήλθε στο 90 %.

Πίνακας 10. Αρχική και τελική συγκέντρωση των σακκάρων κατά τη διάρκεια της ζύμωσης χυμού σόργου.

Υβρίδια	Αρχική συγκέντρωση σακκάρων gL-1	Τελική συγκέντρωση σακκάρων gL-1	Συνολική κατανάλωση σακκάρων gL-1
No 1	18.923	1.084	17.839
No 2	20.893	1.690	19.203
No 3	21.596	1.707	19.889
No 4	24.500	1.601	22.899
No 5	14.821	0.850	13.971
No 6	22.604	2.246	20.358
No 7	14.881	1.276	13.605
H133	27.316	2.642	24.674

Στον Πίνακα 11 δίνεται η παραγωγή βιοαιθανόλης κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, σαν g/l και σε σχέση με τα καταναλωθέντα σάκχαρα, καθώς και το % της max θεωρητικά υπολογιζόμενης παραγωγής αιθανόλης.

Η παραγωγή της αιθανόλης κυμάνθηκε από 4,6 g/l για το Νο 7 έως και 9,6g/l για το Η133, με την παραγόμενη ποσότητα στα περισσότερα υβρίδια να είναι περίπου 7-8 g/l.

Πίνακας 11. Παραγωγή βιοαιθανόλης κατά τη διάρκεια της ζύμωσης χυμού σόργου.

Υβρίδια	Παραγωγή αιθανόλης gL-1	Απόδοση g EtOH / gTSC	% max θεωρητικής απόδοσης
No 1	5.295	0.297	59.36
No 2	8.143	0.424	84.81
No 3	7.288	0.366	73.29
No 4	8.739	0.382	76.33
No 5	5.627	0.403	80.55
No 6	7.180	0.353	70.54
No 7	4.611	0.339	67.79
H133	9.566	0.388	77.54

Αντίστοιχα η απόδοση παραγωγής αιθανόλης, εκφρασμένη σαν g παραγόμενης αιθανόλης / g καταναλισκομένων σακχάρων, ήταν από 0,297, που αντιστοιχεί στο 59,4% της max θεωρητικής παραγωγής, για το Νο1 έως 0,424 για το Νο2. Αυτό είναι και το υβρίδιο που είχε τη μεγαλύτερη απόδοση και φυσικά τη μέγιστη επί % της max θεωρητικά υπολογιζόμενης παραγωγής (84,81%).

7.4. ΧΗΜΙΚΗ ΥΔΡΟΛΥΣΗ ΒΛΑΣΤΩΝ ΣΟΡΓΟΥ

7.4.1. Πειραματική διαδικασία

Σε μια 250ml φιάλη Erlen-Mayer, τοποθετήθηκαν 5g ξηρών αλεσμένων βλαστών γλυκού σόργου. Στην κωνική φιάλη προστέθηκαν 0,3 % (w/v) NH_4NO_3 , 0,2 % (w/v) Peptone και 120 ml HCl 0,5 M. Το μίγμα αποστειρώθηκε στους 121°C για 15 min. Κατά τη διάρκεια της αποστείρωσης και λόγω της όξινης υδρόλυσης, οι περιεχόμενοι υδατάνθρακες μετατρέπονται σε απλά ζυμώσιμα σάκχαρα.

Μετά την αποστείρωση – υδρόλυση, το pH διορθώθηκε σε 4,15 με NaOH (1M).

Ακολούθησε εμβολιασμός 48 ωρών με καλλιέργεια *Saccharomyces cerevisiae* var *bayanur* 6% (v/v).

Τοποθετήθηκε η παγίδα αέρα στην κωνική για την δημιουργία των απαραίτητων αναερόβιων συνθηκών. Η ζύμωση διήρκησε 3 μέρες στους 32°C, υπό μικρή ανάδευση (100 rpm).

7.4.2. Αποτελέσματα

Οι βλαστοί του γλυκού σόργου περιέχουν τόσο διαλυτά σάκχαρα όσο και πολυσακχαρίτες. Η ζύμωση όλων των υδατανθράκων σε αιθανόλη επιτυγχάνεται μέσω της όξινης υδρόλυσης.

Στον πίνακα 12 δίνονται οι συγκεντρώσεις των σακκάρων μετά την όξινη υδρόλυση. Τα περιεχόμενα σάκχαρα κυμάνθηκαν σε επίπεδα από 24,24g/l (No_3) έως και 33,65g/l (H133). Η απόδοση μετατροπής των πολυσακχαριτών σε απλά ζυμώσιμα σάκχαρα ήταν σε υψηλά επίπεδα.

Πίνακας 12 Αρχική και τελική συγκέντρωση των σακχάρων κατά τη διάρκεια της ζύμωσης στελεχών σόργου.

Υβρίδια	Αρχική συγκέντρωση σακχάρων gL-1	Τελική συγκέντρωση σακχάρων gL-1	Συνολική κατανάλωση σακχάρων (TSC) gL-1
No 1	28.267	1.388	26.879
No 2	30.973	1.850	29.124
No 3	24.236	1.476	22.760
No 4	30.932	1.701	20.230
No 5	26.432	1.928	24.504
No 6	30.273	2.051	28.222
No 7	29.894	1.364	28.530
H133	33.647	2.513	31.134

Μετά το τέλος της ζύμωσης η συγκέντρωση των σακχάρων ήταν μικρή, περίπου 1,4 – 2,0 g/l, που δείχνει την αποδοτικότητα της ζύμωσης και της μετατροπής τους σε αιθανόλη. Ως εκ τούτου η κατανάλωση των σακχάρων ήταν υψηλή από 22,76 g/l (No 3) έως και 31,13g/l (H 133).

Μετά το τέλος ης ζύμωσης η παραγωγή βιοαιθανόλης κυμάνθηκε από το χαμηλότερο 8,56 g/l (No 7) έως στο υψηλότερο 14,35 g/l (H 133) (Πίνακας 13). Στα υβρίδια No , No 4 η παραγωγή αιθανόλης ήταν υψηλή περίπου 12 –13 g/l, ενώ στα υβρίδια No 3, No 6 ήταν ελαφρά χαμηλότερη, περίπου 10g/l. Στα υπόλοιπα υβρίδια No 1, No 5 και No 7 ήταν μικρότερη, με συγκέντρωση παραγόμενης αιθανόλης 8,5 – 9g/l. Η απόδοση της μετατροπής των σακχάρων σε αιθανόλη, μέσω της ζύμωσης τους από το *S. cerevisiae* ήταν υψηλή, στα μισά περίπου υβρίδια και χαμηλότερη στα υπόλοιπα.

Στα υβρίδια No 3 και H 133 παρατηρήθηκε η μέγιστη απόδοση 0,46 Getoh/ g καίναλ. Σακχάρων (Κ.Σ.). Η απόδοση αυτή αντιστοιχεί στο 92 – 93% της μέγιστης θεωρητικά αναμενόμενης παραγωγής.

Στον αντίποδα, στο υβρίδιο Νο 7 παρατηρήθηκε η χαμηλότερη απόδοση βιομετατροπής 0,300g EtOH/g Κ.Σ. που αντιστοιχεί στο 60% της μέγιστης θεωρητικά αναμενόμενης παραγωγής.

Πίνακας 13 Παραγωγή βιοαιθανόλης κατά τη διάρκεια της ζύμωσης στελεχών σόργου.

Υβρίδια	Παραγωγή αιθανόλης gL-1	Απόδοση g EtOH / gTSC	% max θεωρητικής απόδοσης
No 1	8.925	0.332	66.41
No 2	12.215	0.419	83.88
No 3	10.632	0.467	93.43
No 4	13.109	0.448	89.69
No 5	9.405	0.384	76.76
No 6	10.770	0.382	76.32
No 7	8.565	0.300	60.04
H133	14.349	0.461	92.18

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- ✓ Από τα στελέχη του ζυμομύκητα *S. cerevisiae* που δοκιμάστηκαν, όλα είχαν την δυνατότητα να μεταβολίσουν τα διαθέσιμα ανάγοντα σάκχαρα σχεδόν πλήρως (99,8 %). Τα περισσότερα από αυτά είχαν την δυνατότητα υψηλής παραγωγής αιθανόλης. Την μεγαλύτερη παραγωγή αιθανόλης την έδωσε το bayanus ενώ την μικρότερη παραγωγή αιθανόλης την έδωσε το AXA 2-1. Για αυτό το λόγο επιλέχθηκε το στέλεχος bayanus για την παραγωγή αιθανόλης από γλυκό σόργο.

- ✓ Το H133 παρά το ότι έδωσε σημαντικά μικρότερη ποσότητα χυμού, εντούτοις είχε την υψηλότερη συγκέντρωση σακκάρων, ενώ το υβρίδιο No 4 έδωσε υψηλή ποσότητα παραλαμβανόμενου χυμού (52,63%) με ταυτόχρονη υψηλή συγκέντρωση σακκάρων (14,70%).

- ✓ Υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση στην παραγωγή αιθανόλης ανάμεσα στα διάφορα υπό εξέταση υβρίδια γλυκού σόργου, με την παραγωγή αιθανόλης να κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα στις περισσότερες από τις περιπτώσεις.

- ✓ Η παραγωγή αιθανόλης από ολόκληρο το βλαστό, ήταν υψηλότερη από την αντίστοιχη από μόνο τον χυμό του σόργου, που οφείλεται στην υδρόλυση των υδατανθράκων του βλαστού και την μετατροπής τους σε αιθανόλη μέσω της ζύμωσης. Με την υδρόλυση των υδατανθράκων αυτών σε απλά ανάγοντα σάκχαρα, επιτυγχάνεται η αύξηση της συγκέντρωσης των ζυμώσιμων σακκάρων.

✓ Το υβρίδιο H133 έδωσε την υψηλότερη παραγωγή σε αιθανόλη από τα υδρολύματα του βλαστού, αλλά και μια από της υψηλότερες παραγωγές αιθανόλης από τον εξαγόμενο χυμό του σόργου. Είναι το υβρίδιο με την χαμηλότερη παραγωγή εξαχθέντος χυμού, αλλά με την μεγαλύτερη συγκέντρωση σε περιεχόμενα σάκχαρα.

✓ Από την άλλη το υβρίδιο με την χαμηλότερη παραγωγή αιθανόλης τόσο από τα υδρολύματα του χυμού, όσο και από τον χυμό, ήταν το Νο1.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Alvo P., Belkacemi K.(1997). Enzymatic saccharification of milled timothy (*Phleum pratense* L.) and alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Bioresource Technology* 61, 185–198.

American Public Health Association (APHA), 1989. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*, 17th edn, Washington D.C.

Anthony O, Ejiofor, Yusuf C, Murray MY.(1996) Culture of *Saccharomyces cerevisiae* on hydrolyzed waste cassava starch for production of baking-quality yeast. *Enzyme Microb Technol* 18:519–525

Aristidou A, Penttila M (2000) Metabolic engineering applications to renewable resource utilization. *Curr Opin Biotechnol* 11:187–198

Badger PC (2002) Ethanol from cellulose: a general review. In: Janick J, Whipkey A (eds) *Trends in new crops and new uses*. American Society for Horticultural Science (ASHS) Press, Alexandria, VA, USA

Ballesteros, I., Oliva, J.M., Saez, F., and Ballesteros, M., (2001). Ethanol production from lignocellulosic byproducts of olive oil extraction. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 91–93, 237–252.

Banat IM, Nigam P, Singh D, Marchant P, and McHale AP (1998) Ethanol production at elevated temperatures and alcohol concentrations. Part I: Yeasts in general. *World J Microbiol Biotechnol* 14:809–821

Belkacemi, K., Turcotte, G., Savoie, P. and Chornet, E., 1997. Ethanol production from enzymatic hydrolyzates of cellulosic fines and hemicellulose-rich liquors derived from aqueous/steam fractionation of forages. *Industrial & Engineering Chemistry Research* 36, 4572–4580.

Berna, G.,(1998). *Integrated biomass system*. Luxembourg: Office for Official Publications of the EC; p27.

Bothast, R.J., Schlicher, M.A., (2005). Biotechnological processes for conversion of corn into ethanol. *Applied Microbiology and Biotechnology* 67, 19–25.

Bryan, W., (1990). Solid-state fermentation of sugars in sweet sorghum. *Enzyme Microbial Technology*, 12, 437-442.

Camacho-Ruiz L, Perez-Guerra N. and Roses RP (2003) Factors affecting the growth of *Saccharomyces cerevisiae* in batch culture and in solid state fermentation. *Electron J Environ Agric Food Chem* 2(5):531–542

Costa, A.C., Atala, D.I.P., Maugeri, F. and Maciel, R., (2001). Factorial design and simulation for the optimization and determination of control structures for an extractive alcoholic fermentation. *Process Biochemistry* 37, 125–137.

Cunniff P. (1995). *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 16th edn., ed. AOAC International, Arlington, Virginia, USA.

Dubois, M., Gills, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28, 350-356.

Ergun M, Mutlu SF (2000) Application of a statistical technique to the production of ethanol from sugar beet molasses by *Saccharomyces cerevisiae*. *Bioresour Technol* 73:251–255

Foody, B., Tolan, J.S., Bernstein, J.D., Foody Sr., P., (2000). Pretreatment process for conversion of cellulose to fuel ethanol. Patent US6090595.

Gary D (2002) Developing Manitoba's ethanol industry. <http://www.gov.mb.ca/est/energy/ethanol/>

Gray A.K., Zhao, L., and Emptage, M., (2006). Bioethanol. *Current Opinion in Chemical Biology*, 10, 141-146.

Han Y.W and Callihan C.D (1974). Cellulose fermentation: effect of substrate pretreatment on microbial growth, *Applied Microbiology*, 27, 155-159.

Jackman EA (1987) Industrial alcohol. In: Bullock JD, Christiansen B (eds) *Basic biotechnology*. Academic, London, pp 309–336

Jeewon L (1997) Biological conversion of lignocellulosic biomass to ethanol. *J Biotechnol* 56:1-24

Jeffries TW, Jin YS (2000) Ethanol and thermotolerance in the bioconversion of xylose by yeasts. *Adv Appl Microbiol* 47:221–268

John T (2004) Biofuels for transport. <http://www.task39.org/>

Kadam KL, McMillan JD (2003) Availability of corn stover as a sustainable feedstock for bioethanol production. *Bioresour Technol* 18:17–25

Kanatt R., Chander R., Radhakrishna P. and Sharma A. (2004). Potato Peel Extract-a Natural Antioxidant for Retarding Lipid Peroxidation in Radiation Processed Lamb Meat. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53, 1499-1504.

Kaylen ML, Van Dyne D, Choi YS, Blase M (2000) Economic feasibility of producing ethanol from lignocellulosic feedstocks. *Bioresour Technol* 72:19

Kerr RA (1998) The next oil crisis looms large—and possibly close. *Science* 281:1128–1131

Kim, S., Dale, B.E., 2004. Global potential bioethanol production from wasted crops and crop residues. *Biomass and Bioenergy* 26, 361–375.

Kiran S, Sikander A, Lkram-ul-Haq (2003) Time course study for yeast invertase production by submerged fermentation. *J Biol Sci* 3(11):984–988

Lindeman LR, Rocchiccioli C (1979) Ethanol in Brazil; brief summary of the state of the industry in 1977. *Biotechnol Bioeng* 21:1107–1119

Lynd LR (1996) Overview and evaluation of fuel ethanol production from cellulosic biomass: technology, economics, the environment, and policy. *Annu Rev Energy Environ* 21:403–465

MacDonald T, Yowell G, McCormack M (2001) Staff report. US ethanol industry production capacity outlook. California energy commission. Available at http://www.energy.ca.gov/reports/2001-08-29_600-01-017.PDF

Mahmood A.U, Greenman J. and Scragg A.H (1998). Orange and potato peel extracts: Analysis and use as *Bacillus* substrates for the production of extracellular enzymes in continuous culture. *Enzyme and Microbial Technology*, 22, 130-137.

Maisch WF, Sobolov M, Petricola AJ (1979) Distilled beverages. In: Pepler HJ, Perlman D (eds) *Microbial technology*. Academic, New York, pp 79

Mamma, D., Christakopoulos, P., Koullas, D., Kekos, D., Macris, B.J. and Koukios, E., (1995). An alternative approach to the bioconversion of sweet sorghum carbohydrates to ethanol. *Biomass and Bioenergy*, 8, 99-103.

Matsumoto N, Yoshizumi H, Miyata S and Inoue S (1985) Development of the non-cooking and low temperature cooking systems for alcoholic fermentation of grains. *Nippon Nogeikagaku Kaishi* 59:291–299

Miller, G.L., 1959. Use of dinitro-salicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, 31, pp. 426-428.

Mojovic, L., Nikolic, S., Rakin, M. and Vukasinovic, M., 2006. Production of bioethanol from corn meal hydrolyzates. *Fuel*, 85, 1750-1755.

Monique H, Faaij A, van den Broek R, Berndes G, Gielen D, Turkenburg W (2003) Exploration of the ranges of the global potential of biomass for energy. *Biomass Bioenergy* 25:119-133

Olsson, L., Hahn-Hagerdal, B., (1996). Fermentation of lignocellulosic hydrolysates for ethanol production. *Enzyme and Microbial Technology* 18, 312-331.

Poitrat, E., (1999). The potential of liquid biofuels in France. *Renewable Energy* 16, 1084-1089.

Riley MR, Muzzio FJ, Buettner HM and Reyes SC (1996) A simple correlation for predicting effective diffusivities in immobilized cell systems. *Biotechnol Bioeng* 49:223-227

Roukas T (1996) Ethanol production from non-sterilized beet molasses by free and immobilized *Saccharomyces cerevisiae* cells using fed-batch culture. *J Eng* 27:87-96

Sanchez, O. and Cardona, C., (2008). Trends in biotechnological production of fuel ethanol from different feedstocks. *Bioresource Technology*, 99, 5270-5295.

Scieber, A., Stintzing, F.C., Carle, A., 2001. By-products of plant food processing as a source of functional compounds - recent developments. *Trends in Food Science and Technology*, 1, 401-413.

Sprenger GA (1996) Carbohydrate metabolism in *Zymomonas mobilis*: a catabolic highway with some scenic routes. *FEMS Microbiol Lett* 145:301–307

Tampier M, Smith D, Bibeau E and Beauchemin PA (2004) Identifying environmentally preferable uses for biomass resources. http://www.cec.org/files/PDF/ECONOMY/Biomass-Stage-I-II_en.pdf

Tembec(2003)http://tembec.com/DynamicPortal?key=web&lng=en-US&crit=about_rnd&page=tpl_about

Todor D, Tsonka UD (2002) Influence of the growth conditions on the resistance of *Saccharomyces cerevisiae*, strain NBIMCC 181, by freeze-drying. *J Cult Collect* 3:72–77

Vallet C, Said R, Rabiller C, Martin ML (1996) Natural abundance isotopic fractionation in the fermentation reaction: influence of the nature of the yeast. *Bioorg Chem* 24:319–330

Wheals AE, Basso LC, Alves DMG, Amorim HV (1999) Fuel ethanol after 25 years. *Trends Biotechnol* 17:482–486

Wilke CR, Cysewski GR, Yang RD and von Stockar U (1976) Utilization of cellulosic materials through enzymatic hydrolysis. II. Preliminary assessment of an integrated processing scheme. *Biotechnol Bioeng* 18:1315–1323

Wilke CR, Yang RD, Scamanna AF and Freitas RP (1981) Raw material evaluation and process development studies for conversion of biomass to sugars and ethanol. *Biotechnol Bioeng* 23:163–183

Wood BE, Beall DS and Ingram LO (1997) Production of recombinant bacterial endoglucanase as a co-product with ethanol during fermentation using derivatives of *Escherichia coli* KO11. *Biotechnol Bioeng* 55(3):547–555

Wooley R, Ruth M, Glassner D and Sheehan J (1999) Process design and costing of bioethanol technology: a tool for determining the status and direction of research and development. *Biotechnol Prog* 15:794–803

Zaldivar J, Nielsen J and Olsson L (2001) Fuel ethanol production from lignocellulose: a challenge for metabolic engineering and process integration. *Appl Microbiol Biotechnol* 56:17–34

Zhang, B.S.,(2006). Process for preparing fuel ethanol by using straw fiber materials. Patent CN1880416.

scifun.chem.wisc.edu/chemweek/pdf/ethanol

Βαρζάκας Θ. (2007). Βιβλίο θεωρίας εργαστηρίου Τμήματος Τεχνολογίας Γεωργικών Προϊόντων. ΑΤΕΙ Καλαμάτας

Γαλανοπούλου-Σενδούκα Σ.(2002) Βιομηχανικά φυτά, εκδόσεις Σταμούλη

Γεωργάτσου Γ. (1980) Θεσσαλονίκη βιοχημεία 3 η έκδοση.

Δ.Οικονόμου,1987 ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ Σ.Τ.Ε.Τ.Ρ.Ο.Δ. Αρχές Βιοτεχνολογίας τροφίμων