ΤΕΙ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΤΜΗΜΑ
ΕΚΔΟΣΕΩΝ & ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ

ΤΕΙ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΣΧΟΛΗ : Σ.Τ.Ε.Γ.

ΤΜΗΜΑ : ΤΕ.ΓΕ.Π.

ΕΤΟΣ : 2010

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ : **ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟ**

ΚΑΡΟΥΤΖΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : κ. ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΒΑΡΖΑΚΑΣ

**ΣΤΕΓ(ΤΕΓΕΠ)**
**Π.228**

Τ Ε Ι ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΤΜΗΜΑ
ΕΚΔΟΣΕΩΝ & ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1ο .....8

1.1. Τα καύσιμα γενικά.....8

1.1.1 Κατάταξη καυσίμων .....9

1.2. Βιοκαύσιμα .....9

1.2.1. Οφέλη βιοκαυσίμων .....10

1.3. Τι είναι η βιοαιθανόλη .....11

1.3.1. Τι είναι η αιθανόλη .....13

1.3.2. Πλεονεκτήματα βιοαιθανόλης έναντι της βενζίνης .....14

1.3.3. Συνέπειες παραγωγής βιοαιθανόλης .....16

1.3.4. Ποια τα οφέλη της αιθανόλης .....17

1.3.5. Η διαδικασία παραγωγής βιοαιθανόλης .....19

1.4. Η σπουδαιότητα του τομέα οδικών μεταφορών στο ενεργειακό ισοζύγιο.....23

1.5. Βιοαιθανόλη σαν καύσιμο κίνησης οχημάτων .....25

1.6. Ευρωπαική νομοθεσία .....26

1.6.1. Ανάγκες σε βιοκαύσιμα .....29

1.7. Βιομάζα .....34

1.7.1. Ενεργειακές καλλιέργειας .....35

1.7.2. Δασικές ενεργειακές καλλιέργειες .....35

1.7.3. Γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες .....38

1.8. Αραβόσιτος .....51

1.8.1. Βοτανική ταξινόμηση – προέλευση .....52

1.8.2. Σκοπός της καλλιέργειας .....54

1.8.3. Χαρακτηριστικά του αραβόσιτου .....57

1.8.4. Ποικιλομορφία του αραβόσιτου – ομάδες αραβόσιτου .....58

1.8.5. Χρήση .....60

1.9. Κόστος παραγωγής βιοαιθανόλης και αποδόσεις καλλειεργειών.....63

1.10 Μικροβιακή ζύμωση .....67

1.10.1 Κατάλληλες συνθήκες ανάπτυξης των σακχαρομυκήτων.....67

Κεφάλαιο 2ο Πειραατικοί μέθοδοι .....70

2.1. Μέθοδοι χημικής ανάλυσης .....70

2.1.1. Μέθοδος μέτρησης ανάγοντων σακχάρων – DNS .....70

2.1.2. Πειραματική διαδικασία DNS .....71

2.1.3. Μέθοδος μέτρησης ολικών σακχάρων .....72

2.1.4. Μέθδος μέτρησης της αιθανόλης .....73

2.1.5. Μέτρηση ξηρού βάρους βιομάζας με φυγοκέντριση .....75

2.1.6 Επιλογή κατάλληλου στελέχους Saccharomyces cerevisiae...76

2.1.6.1. Καλλιέργεια στελεχών Saccharomyces cerevisiae.....77

2.1.6.2. Εμβολιασμός σε υγρό θρεπετικό υπόστρωμα .....78

2.1.6.3. Μέτρηση ξηρού βάρους βιομάζας με φυγοκέντριση .....79

2.1.6.4. Μέτρηση αναγόντων σακχάρων (Miller1959).....79

Κεφάλαιο 3ο Αποτλέσματα – συζήτηση.....80

3.1. Αποτελέσματα αναγόντων σακχάρων κάθε στελέχους .....80

3.1.2. Συμπεράσματα για την επιλογή στελεχών.....82

3.2.Χημική ανάλυση κόκκων αραβοσίτου .....83

3.2.1. Περιεχόμενη υγρασία στους κόκκους αραβοσίτου.....83

3.2.2. Μέτρηση ανάγοντων σακχάρων κόκκων αραβοσίτου.....84

3.2.3. Προσδιορισμός συγέντρωσης πρωτεινών .....85

3.4. Χημική υδρόλυση και παραγωγή βιοαιθανόλης .....87

3.4.1. Παρατηρήσεις όξινης υδρόλυσης .....91

3.4.2. Μέτρηση βάρους μικροοργανισμών που προστέθηκαν στο δείγμα.....92

Κεφάλαιο 4 Συμπεράσματα – Προοπτικές.....92

4.1. Συμπεράσματα ..... .....93

4.2. Προοπτικές .....95

Βιβλιογραφία .....98

## Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές για τα χρόνια στα οποία μας έμαθαν πολύτιμα πράγματα και ιδιαιτέρως τον επιβλέποντα κ. Θεόδωρο Βαρζάκα για την πολυτιμότατη συνεργασία μας και τις πολύτιμες πληροφορίες που μου παρείχε κατά την διάρκεια της αυτής της πτυχιακής, καθώς την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την κατανόηση και την στήριξη τους κατά την διάρκεια της πτυχιακής εργασίας καθώς και για όλα αυτά τα χρόνια που πέρασαν τελειώνοντας την σχολή. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Αράπογλου Δ. για την πολυτιμότατη βοήθεια του καθώς και το ΕΘΙΑΓΕ που με δέχτηκαν για να πραγματοποιηθεί αυτή η εργασία. Επίσης θα ήθελα να τονίσω ότι λόγω το θέμα είναι επίκαιρο έμαθα πολλά πράγματα για το περιβάλλον και πως μπορούμε να το προστατεύουμε, έστω και με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που δεν είναι διόλου ασήμαντο. Αυτό με έκανε καλύτερο άνθρωπο ως προς την συμπεριφορά μου στο περιβάλλον. Και θα μου ήταν μεγάλη η ευχαρίστηση να ασχοληθώ με αυτό το αντικείμενο και στο μέλλον.

# ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εποχή μας χαρακτηρίζεται από την εποχή της ενέργειας. Η τεχνολογία και η ανάπτυξη όπως την εννοούμε απαιτεί την κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων σε ενέργειας. Πλην όμως τα επακόλουθα είναι οι αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον (φυσικό).

Προέκυψε έτσι η αναγκαιότητα αντιμετώπισης των συνθηκών και η στροφή προς την προστασία του περιβάλλοντος και του ανθρώπου, του τελικού αποδέκτη.

Η ροπή προς διερεύνηση της περίπτωσης παραγωγής και εκμετάλλευσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, απασχόλησε επιστήμονες και πολιτικούς τα τελευταία χρόνια.

Σήμερα η στήριξη της συνομωσίας και της ανάπτυξης γενικότερα από αυτές είναι πλέον γεγονός.

Ειδικότερα στη χώρα λειτούργησε ειδική μόνιμη επιτροπή σε επίπεδο κοινοβουλίου με το συγκεκριμένο αντικείμενο καθώς και πολλά προγράμματα που έχουν γίνει για αυτό το αντικείμενο.

Δίδοντας περισσότερη εμφάνιση στην περίπτωση παραγωγής ενέργειας από βιοκαύσιμα, που θα αποτελέσει και το αντικείμενο της παρούσας εργασίας μας, έχουμε να αναφέρουμε ότι η χώρα μας συμμετείχε ενεργά σε ευρωπαϊκά προγράμματα για τα βιοκαύσιμα με προτάσεις προγραμμάτων προς όφελος του έλληνα πολίτη και ειδική μέριμνα για τον αγροτικό πληθυσμό.

# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η αξιοποίηση σπόρων καλαμποκιού, με σκοπό να παραχθεί ένα βιοκαύσιμο, η αιθανόλη.

Η αιθανόλη στις 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 πτυχιακής είναι η μεγιστοποίηση των ελεύθερων σακχάρων, με την κατάλληλη προετοιμασία του διαλύματος καθώς και η μεγιστοποίηση της απόδοσης παραγωγής αιθανόλης από διάφορα υβρίδια αραβοσίτου. Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύεται το θεωρητικό κομμάτι όπου αναφέρομαι για τα βιοκαύσιμα και κυριότερα για την βιοαιθανόλη καθώς και τις ενεργειακές καλλιέργειες.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται οι μέθοδοι που θα χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα. Ο τρόπος επεξεργασίας που αναλύεται παρακάτω είναι: η χημική υδρόλυση των σακχάρων που διασπούν τους δεσμούς μεταξύ των μορίων αμύλου απελευθερώνοντας τα προς ζύμωσης σάκχαρα, την οποία ακολουθεί η μικροβιακή ζύμωση με κατάλληλα στελέχη.

Τέλος, οι μέθοδοι αυτοί, στο κεφάλαιο 3, θα συγκριθούν ως προς την αποδοτικότητα τους, να παράγουν αιθανόλη από τον αραβόσιτο με αποτέλεσμα να επιλεχθεί η αποτελεσματικότερη μέθοδο που περαιτέρω θα χρησιμοποιηθεί σε βιομηχανική κλίμακα.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1°

## 1.1ΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΓΕΝΙΚΑ

Καύσιμα: λέγονται οι ουσίες οποίες κατά την ένωση τους με οξυγόνο παράγεται θερμότητα, επειδή οι αντιδράσεις καύσεως είναι εξώθερμες. Τα καύσιμα χρησιμοποιούνται σε 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 http://el.wikipedia.org/wiki/Καύσιμα).

Για να ορισθεί 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 καυσίμων

Μπορούν να καταταγούν με πολλούς τρόπους. Ένας βασικός τρόπος είναι (http://el.Wikipedia.org/wiki/Καύσιμα) :

- ✓ *Συμβατικά καύσιμα (πετρέλαιο)*
- ✓ *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)*

## 1.2. Βιοκαύσιμα

Τα προβλήματα θέρμανσης του πλανήτη (π.χ. φαινόμενο του θερμοκηπίου), τα οποία σχετίζονται άμεσα με το περιεχόμενο των καυσίμων σε άνθρακα και το εκπεμπόμενο κατά την καύση διοξείδιο του άνθρακα ($CO_2$) έχουν δημιουργήσει κατά τα τελευταία χρόνια ένα κλίμα στροφής προς τα βιοκαύσιμα.

Τα βιοκαύσιμα που παράγονται είναι η βιοαιθανόλη, το βιοντίζελ και σε μικρότερο βαθμό η γεωργική βιομάζα και η δασική βιομάζα.

Τα βιοκαύσιμα είναι καύσιμα αέριας ή υγρής μορφής και παράγονται από πρώτη ύλη των ενεργειακών φυτών ή από γεωργικά υπολείμματα και καλούνται να υποκαταστήσουν σταδιακά τα συμβατικά καύσιμα.

Οι πρώτε ύλες από τις οποίες προέρχονται είναι από αγροτικές καλλιέργειες και από βιολογικά απόβλητα καθώς και από αστικά λύματα.

Τα βιοκαύσιμα μπορούν να αντικαταστήσουν τα συμβατικά καύσιμα στους κινητήρες των οχημάτων, είτε εξολοκλήρου είτε με συνδυασμό δύο μεθόδων.

### 1.2.1. Οφέλη βιοκαυσίμων

#### Περιβαλλοντικά οφέλη

Η αξιοποίηση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα καθώς είναι υλικό ανεξάντλητο, όντας η ίδια μια «αποθήκη» ηλιακής ενέργειας. Ακόμη, θεωρείται καύσιμο «$CO_2$ – ουδέτερο» αφού το $CO_2$που παράγεται κατά την καύση της, δεσμεύεται και πάλι από τα φυτά με τη φωτοσύνθεση, ενώ συμμετέχει πολλαπλά στο ισοζύγιο του $CO_2$ δίνοντας τη δυνατότητα δέσμευσης άνθρακα σε οργανική μορφή (στα φυτά και τους άλλους οργανισμούς) και εξοικονόμησης ισοδύναμου ποσού $CO_2$. (ΚΑΠΕ, Υπουργείο Ανάπτυξης, 2006).

- **Περιβαλλοντικά οφέλη σχετικά με την ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών**

1) Θετική συνεισφορά σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου
2) Προστασία έναντι της διόρθωσης του εδάφους
3) Διαχείριση νερού
4) Χαμηλές εισροές σε λιπάσματα
5) Μείωση της χρήσης φυτοφαρμάκων
6) Εκμετάλλευση εδαφών χαμηλής γονιμότητας

➢ **Κοινωνικο-οικονομικά οφέλη**

1) Προσφορά εναλλακτικών καλλιεργητικών λύσεων

2) Ενδυνάμωση του γεωργικού χώρου

3) Αύξηση του αγροτικού εισοδήματος

4) Μείωση των περιφερειακών ανισοτήτων και αναζωογόνηση των λιγότερο ανεπτυγμένων γεωργικών οικονομικών

5) Εξασφάλιση αειφόρου περιφερειακής ανάπτυξης

6) Μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο

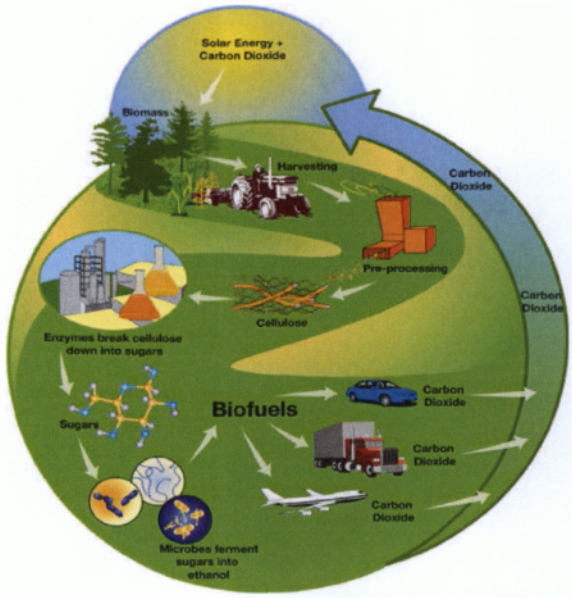
## 1.3. Τι είναι η βιοαιθανόλη;

Το σπουδαιότερο από τα Βιοκαύσιμα 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 ενεργειακές καλλιέργειες. Αυτά τα φυτά που καλλιεργούνται ειδικά για την παραγωγή αιθανόλης είναι στο καλαμπόκι, το σόργο, το σιτάρι, η αγκινάρα Ιερουσαλήμ, τα πριονίδια, ιτιές και άλλα 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 χυθεί. 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. (http:/engineering-intelligence.gr/.../seminar.aspx)




***Εικόνα 1.*** *Κύκλος για την παραγωγή αιθανόλης (http:/ www.engineering-intelligence.gr/el/normal/sid/60/seminar.aspx)*

### 1.3.1. 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 ($C_vH_{2v+1}O$). Ο χημικός τύπος της είναι $CH_3$-$CH_2$-OH.

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

Η αιθανόλη τήκεται πλήρως στους -114,1°C, και βράζει στους 78,5 °C. Έχει πυκνότητα 0,789g/ml στους 20 °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 :

$$C_6H_{12}O_6 \text{-->} 2CH_3CH_2OH + 2CO_2$$

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.

**Εικόνα 2.** *Παραγωγή αιθανόλης από καλαμπόκι*

### 1.3.2 Πλεονεκτήματα βιοαιθανόλης έναντι της βενζίνης

Κύρια πλεονεκτήματα της βιοαιθανόλης σε σχέση με την βενζίνη είναι ότι θεωρητικά είναι $CO_2$ – 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 $CO_2$. 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 $CO_2$ 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 $CO_2$ 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 $CO_2$ σε σχέση με την βενζίνη.

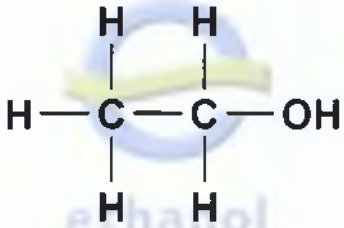
Τέλος, η χρήση κυτταρινικής αιθανόλης μειώνει τις εκπομπές $CO_2$ κατά 70-90% ενώ στην περίπτωση που κατά την παραγωγική διαδικασία γίνει και συμπαραγωγή θερμότητας ηλεκτρισμού από τη βιομάζα, τότε οι εκπομπές $CO_2$ είναι μηδενικές (100% μείωση).

### 1.3.3. Συνέπειες παραγωγής βιοαιθανόλης

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

Όμως εξαιτίας του 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 αλλά 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, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3.

**Εικόνα 3.** *Σωρός από βιομάζα*




**Εικόνα 4.** *Χημικός τύπος αιθανόλης*

## 1.3.4. Ποια τα οφέλη της αιθανόλης;

Η βιοαιθανόλη παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα έναντι των συμβατικών καυσίμων. Προέρχεται από ανανεώσιμες καλλιέργειες, δηλαδή από πόρους που δεν είναι πεπερασμένοι. Ένα άλλο πλεονέκτημα σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα είναι οι εκπομπές των αερίων στο θερμοκήπιο. Λόγω της αρχής του οδικού δικτύου μεταφορών για το 20% του συνόλου των εκπομπών του θερμοκηπίου με την χρήση της βιοαιθανόλης ορισμένες από αυτές τις καλλιέργειες θα μειωθούν γιατί οι καλλιέργειες των καυσίμων απορροφούν το διοξείδιο του άνθρακα που εκπέμπουν μέσω της καλλιέργειας. Με την ενθάρρυνση της χρήσης βιοαιθανόλης, η αγροτική οικονομία θα λάβει μια ώθηση για την καλλιέργεια των απαραίτητων καλλιεργειών.

Επιπλέον, η χρήση της βιοαιθανόλης μπορεί να βοηθήσει να μειωθεί το ποσοστό του μονοξειδίου του άνθρακα και να συμβάλλει στην βελτίωση της ποιότητας του αέρα που παράγεται από οχήματα με παλαιούς κινητήρες. 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 (Περιφερειακός Πόλος Καινοτομίας Θεσσαλίας, 2008).

**Τα οφέλη είναι πολλά, όπως:**

α) Σημαντικό συναλλαγματικό όφελος, λόγω μείωσης των εισαγωγών πετρελαίου.

β) Όφελος από μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που μεταφράζεται και σε οικονομική ωφέλεια, λόγω των δεσμεύσεων της χώρας από το Πρωτόκολλο του Κιότο.

γ) Οφέλη από τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.

δ) Οφέλη για την ελληνική αγροτική οικονομία, μέσω της αναδιάρθρωσης των καλλιεργειών,

με αποτέλεσμα όχι μόνο την ενίσχυση του αγροτικού εισοδήματος, αλλά και τη συγκράτηση

του πληθυσμού της υπαίθρου, την ενδυνάμωση της περιφερειακής ανάπτυξης και εν κατακλείδι την αύξηση του ΑΕΠ.

ε) Σημαντικά οφέλη για το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία, λόγω της μείωσης των εκπεμπόμενων από τα οχήματα αερίων ρύπων.

### 1.3.5.Η διαδικασία παραγωγής βιοαιθανόλης

Η παραγωγή αιθανόλης είναι απλή και πραγματοποιείται μέσω αλκοολικής ζύμωσης. Η βιοαιθανόλη παράγεται με τη μέθοδο της ενζυματικής υδρόλυσης. Τα εργοστάσια είναι τεράστια αποστακτήρια. Υπάρχουν φυτά (όπως είναι το ζαχαροκάλαμο και το γλυκό σόργο), τα οποία θα πρέπει πρώτα να θρυμματιστούν, να αποχύμωθούν (μηχανικά με πίεση) και με την προσθήκη ζεστού νερού να γίνει 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 σακχάρων, τα οποία μπορούν να ζυμωθούν και να μετατραπούν σε αιθανόλη. Η μαγιά περιέχει το ένζυμο invertase που δρα ως καταλύτης και βοηθά στην μετατροπή σακχάρων σε γλυκόζη και φρουκτόζη, όπως φαίνεται από την παρακάτω απλοποιημένη αντίδραση: (www.sciencedirect.com).

$$\underbrace{C_{12}H_{22}O_{11}}_{\text{σάκχαρα}} + H_2O \rightarrow \underbrace{C_6H_{12}O_6}_{\text{φρακτόζη}} + \underbrace{C_6H_{12}O_6}_{\text{γλυκόζη}} \qquad (1)$$

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

$$\underbrace{C_6H_{12}O_6}_{\text{φρακτόζη / γλυκόζη}} \rightarrow \underbrace{2CH_3CH_2OH}_{\text{αιθανόλη}} + 2CO_2 \qquad (2)$$

Στο τελικό προϊόν γίνεται καθαρισμός με φυγοκέντριση ή διήθηση και το υγρό οδηγείται στην τελική δεξαμενή όπου γίνεται ο διαχωρισμός και η ανάκτηη 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. (www.sciencedirected.com)

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 καττάλληλων ενζύμων να μετατραπεί ως ένα μεγάλο ποσοστό σε βιοαιθανόλη. Ωστόσο η λιγνίνη δεν μπορεί να διασπαστεί και να δώσει βιοαιθανόλη. Στον Πίνακα 1 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 έχει τη μικρότερη περιεκτικότητα σε μη-υδρογονάθρακες 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 βιοαθανόλης.

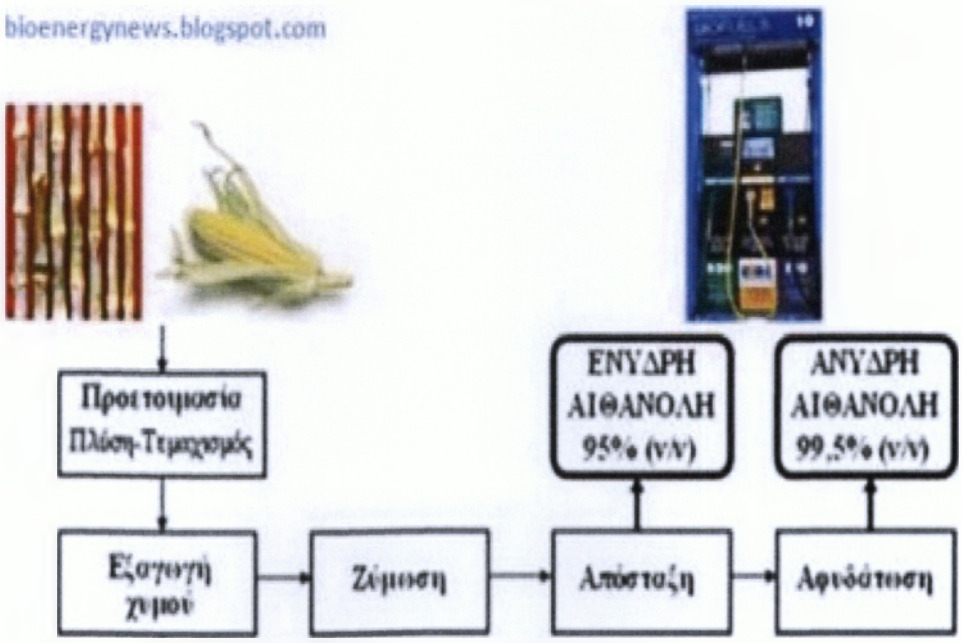
| Πίνακας 1. Περιεκτικότητα υδρογονανθράκων σε διάφορους τύπους βιομάζας | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Υδρογονάνθρακες (% ισοδύναμο ζάχαρης) | | | | | Μη-υδρογονάνθρακες | |
| | Γλυκόζη | Μαννόζη | Γαλακτόζη | Ξυλόζη | Αραμπινόζη | Λιγνίνη | Στάχτη |
| **Σπάδικας Καλαμποκιού** | 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** |

(Lee, 1997)

**Εικόνα 5.** *Διυλιστήριο για την παραγωγή αιθανόλης (www.nrel.gov)*

**Εικόνα 6.** *Καλλιέργεια από καλαμπόκι*

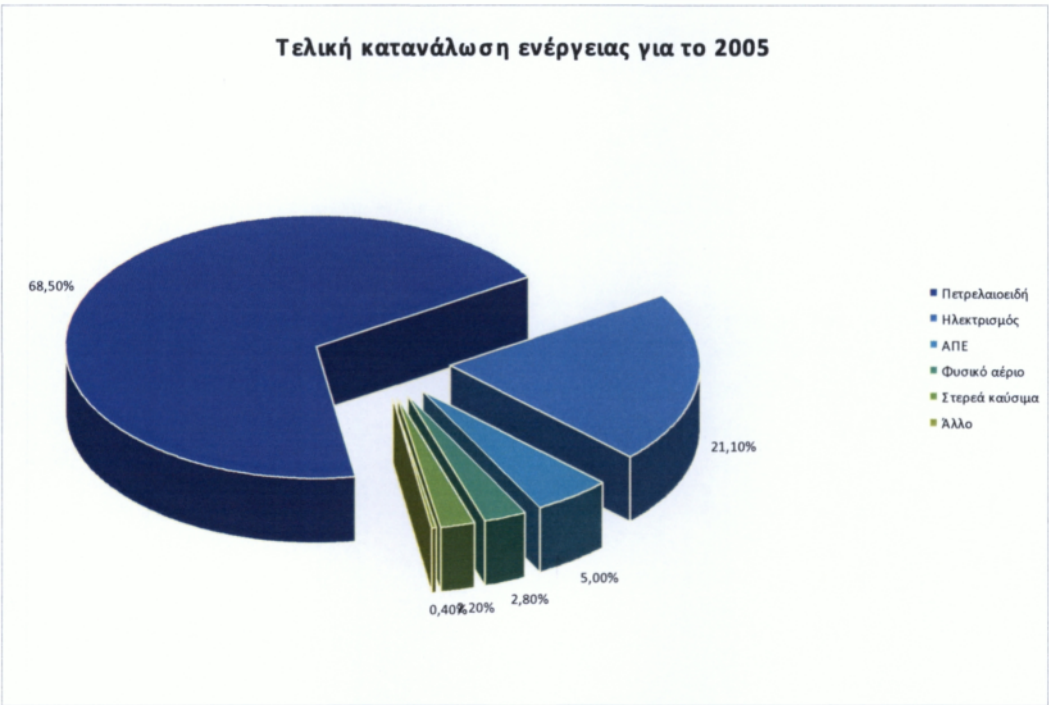
Αξίζει να σημειωθεί επίσης, ότι η έρευνα σήμερα στρέφεται στην εξεύρεση ενζύμων που θα μετατρέπουν όλο και μεγαλύτερα ποσοστά της βιομάζας σε βιοαιθανόλη, ακόμα και τη λιγνίνη. Στο μέλλον η παραγωγή βιοαιθανόλης θα αυξηθεί δραστικά λόγω της αναμενόμενης αυτής εξέλιξης στον τομέα της βιοτεχνολογίας.




**Εικόνα 7.** *Γραμμή παραγωγής αιθανόλης*

## 1.4. Η σπουδαιότητα του τομέα οδικών μεταφορών στο ενεργειακό ισοζύγιο

Η κατανάλωση ενέργειας στον τομέα των οδικών μεταφορών εξαρτάται ισχυρά από τα ορυκτά καύσιμα, το μεγαλύτερος μέρων των οποίων προέρχεται από το εισαγόμενο πετρέλαιο. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μέχρι το 2030, προβλέπεται ότι η εξάρτηση της Ε.Ε. από το εισαγόμενο πετρέλαιο θα φθάσει το 94%. Παράλληλα, αναλαμβάνοντας υπόψη την κατανομή της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα, τα πετρελαιοειδή φαίνονται να καλύπτουν το μεγαλύτερο ποσοστό (68,5%).

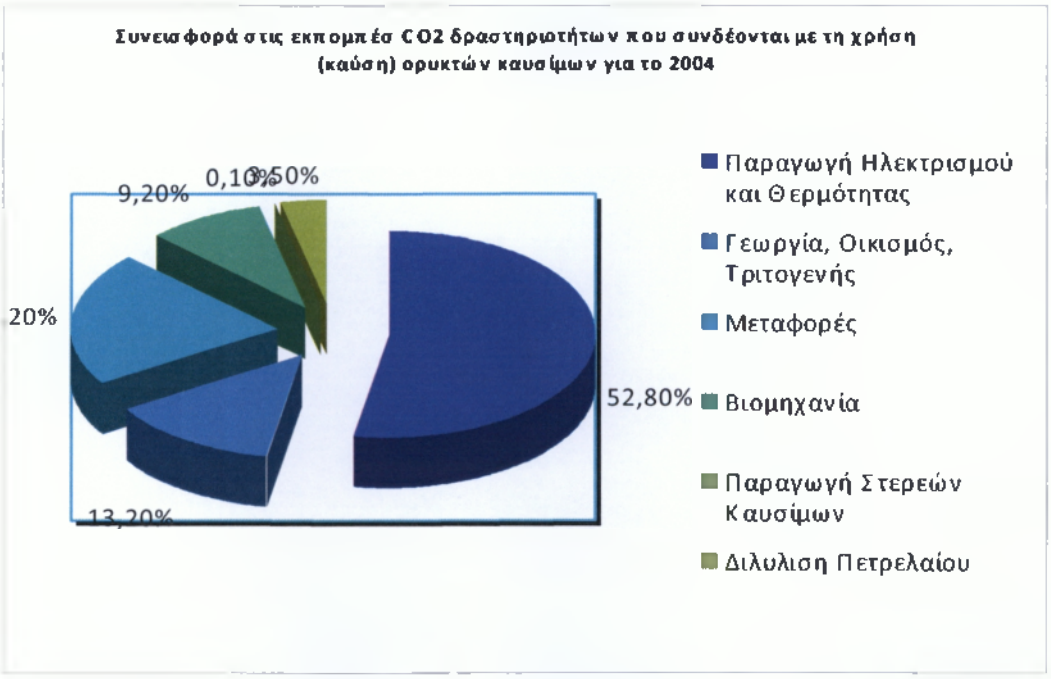



**Σχήμα 1.** *Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά είδος στην Ελλάδα για το 2005 (Τεχνολογική πλατφόρμα Θεσσαλίας,2008)*

Ο τομέας των μεταφορών στην Ελλάδα αντιπροσώπευε το 39% της τελικής κατανάλωσης ενέργειες για το 2005, που αντιστοιχεί σε 8,1 Mtoe( tone of oil equivalent), παρουσιάζοντας αύξηση κατά 2,2 Mtoe ή 37% από το 1990. Σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας στα μέσα μεταφοράς για το 2005, το 76,7% αντιστοιχεί στα οδικά μέσα μεταφοράς. Από τα παραπάνω πρόσφατα δεδομένα, καθώς και από τα

σημερινά δεδομένα, διαφαίνεται ότι η εξάρτηση των καυσίμων μεταφοράς από το εισαγόμενο πετρέλαιο ολοένα και ισχυροποιείται. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, συνολικά το 98% της ενέργειας του τομέα οδικών μεταφορών εξαρτάται αποκλειστικά από το πετρέλαιο.

Πέραν της κατανάλωσης ενέργειας για οδικές μεταφορές, σημαντικά προβλήματα παρουσιάζονται και από τις επακόλουθες εκπομπές αερίων. Στο σχήμα 2 παρουσιάζεται η κατανομή εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ($CO_2$) από διάφορους τομείς δραστηριοτήτων που συνδέονται με την καύση ορυκτών καυσίμων στην Ελλάδα για το 2004. Από το σχήμα αυτό προκύπτει ότι ποσοστό 21,2% των εκπομπών αυτών προέρχεται από τις μεταφορές, δεδομένου ότι η καύση βενζίνης, πετρελαίου στις οδικές μεταφορές είναι οι βασικές αιτίες εκπομπών $CO_2$ (Akzo Nobel Surface Chemistry AB, 2008)(www.cleanairnet.org/infopool/1411/articles-35619_bio_ethanol.pdf).




**Σχήμα 2.** *Συνεισφορά στις εκπομπές $CO_2$ δραστηριοτήτων που συνδέονται με τη χρήση (καύση) ορυκτών καυσίμων για το 2004 (Τεχνολογική πλατφόρμα Θεσσαλίας, 2008)*

Η ολοένα αυξανόμενη κατανάλωση ενέργειας στις οδικές μεταφορές έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, με κυρίαρχο ρυπογόνο αέριο το διοξείδιο του άνθρακα (Τεχνολογική πλατφόρμα βιοκαυσίμων, 2008). Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2 περισσότερο ρυπογόνη στο περιβάλλον είναι η παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας που εκπέμπει το 52,8% διοξειδίου του άνθρακα και λιγότερο ρυπογόνη η παραγωγή στερεών καυσίμων.

## 1.5. Βιοαιθανόλη σαν καύσιμο κίνησης οχημάτων

Η βιοαιθανόλη αναμιγνύεται με την συμβατική βενζίνη συνήθως σε ποσοστό 5% και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στους μονιέρνους κινητήρες χωρίς να χρειάζεται να γίνει καμία μετατροπή του κινητήρα. Το 85% των καυσίμων, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κινητήρες οι οποίοι έχουν υποστεί μετατροπές προκειμένου να χρησιμοποιούν βιοκαύσιμα, μπορεί να αποτελείτο από βιοαιθανόλη Το μείγμα αυτό έχει την ίδια απόδοση με τα βιοκαύσιμα που αποτελούνται εξολοκλήρου από βιοαιθανόλη καθώς και με τα συμβατικά καύσιμα. Το ETBE 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 (Akzo Nobel Surface Chemistry AB, 2008)

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 μέχρις στιγμής περιορισμένη και προς το παρόν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στους κινητήρες που χρησιμοποιούν το φυσικό αέριο ως καύσιμο.

## 1.6. Ευρωπαϊκή νομοθεσία

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 προβλέπει 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% ενώ για το 2020 το 10% των ενεργειακών αναγκών σε καύσιμα μεταφοράς θα πρέπει να καλύπτεται από βιοκαύσιμα. Ο στόχος αυτός αν και τίθεται υπό αμφισβήτηση λόγω των αυξήσεων που παρατηρήθηκαν στις βρώσιμες πρώτες ύλες, πιθανότατα θα διατηρηθεί (Τεχνολογική πλατφόρμα βιοκαυσίμων, 2008).

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 τρείς 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

Ακολούθως, 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 τεχνολογιών πρώτης και δεύτερης γενιάς
- Αύξηση περιβαλλοντικών ωφελειών, μέσω της προώθησης τεχνολογιών και μεθόδων παραγωγής, που αυξάνουν το δυναμικό εξοικονόμησης εκπομπών $CO_2$ των βιοκαυσίμων αλλά και τον αειφορικό χαρακτήρα τους
- Ανάπτυξη της παραγωγής και της διανομής βιοκαυσίμων, προτρέποντας 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 $CO_2$ 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.

### 1.6.1. Ανάγκες σε βιοκαύσιμα

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.

Σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Ανάπτυξης, (Τεχνολογική πλατφόρμα Θεσσαλίας,2008) η εξέλιξη της ενεργειακής κατανάλωσης για μεταφορές φαίνεται να ακολουθεί το μοτίβο του πίνακα 1. Στον πίνακα 2 φαίνεται η εξέλιξη της βενζίνης από το 1992, το 2004 και 2010, όπου ανέρχεται και 4,390 τόνους. Και το ντίζελ το 2010 στους 2,304

**Πίνακας2.** *Εξέλιξη ενεργειακής κατανάλωσης για μεταφορές ανά είδος καυσίμου στην Ελλάδα*

| Είδος καυσίμου/ Έτος | 1992 | 2004 | 2010 |
|---|---|---|---|
| **Βενζίνη(ktoe)** | 2,532 | 3,814 | **4,390** |
| **Ντίζελ 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 2.

**Πίνακας 3.** *Κατανάλωση καυσίμου το 2010 και απαιτούμενες ποσότητες βιοκαυσίμων* (www.fao.org)

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

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 3, 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 τα 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.

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 του παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 4.** *Εταιρίες που έλαβαν δικαιώματα πώλησης* ποσοτήτων βιοκαυσίμων το 2008 στην Ελλάδα (Τεχνολογική πλατφόρμα Θεσσαλίας, 2008)

| α/α | Εταιρία | Δηλωθείσα Δυναμικότητα ($m^3$/έτος) | Αποφορολογημένες ποσότητες ($m^3$) |
|---|---|---|---|
| 1. | Πέττας(Πάτρα) | 12,500 | 33,525 |
| 2. | Agroinvest(Φθιώτιδα | 280,000 | 25,467 |
| 3. | ΕΛΒΙΝ(Κιλκίς) | 90000 | 17,19 |
| 4. | ΕΛΙΝ Βιοκαύσιμα Βόλος | 83,31 | 10,740 |
| 5. | Βιοντίζελ Α α | ΕΜΠΟΡΙΑ | 5,699 |
| 6. | VertOIL Θεσσαλονίκη | 11,880 | 5,259 |
| 7. | Staff Colour Energy Λάρισα | 13,000 | 4752 |
| 8. | Βιοντίζελ ΕΠΕ Λαγκαδάς | 23,958 | 4026 |
| 9. | Εκκοκκ-Κλωσ ήρια Β.Ελ άδος (Κομοτηνή) | 7,543 | 3,250 |
| 10 | DP Lubrificant SRL (Ιταλία) | Ιταλός Παραγωγός | 2062 |
| 11. | Βιοενέργεια Παπαντωνίου (Ν. Μο δ νία) | 10,197 | 2305 |
| 12. | ΜΟΤΟΡ ΙΛ (Ε ΛΑΣ) ΔΙΥΛ.ΚΟΡΙΝΘΟΥ | ΕΜΠΟΡΙΑ | 2300 |
| 13. | ΦΥΤΟΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΕ ΣΕΡΡ Σ) | 24,00 | 2,272 |
| 14. | GF ENERGY (ΑΘΗΝΑ) | 112,500 | 2,251 |
| 15. | CAFFARO CHIMICA SRL (Ιταλία) | 17,044 | 580,00 |
| 16 | MILLOIL ELLAS (ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ) | 11,250 | 406,000 |
| 17. | ΜΑΝΟΣ (ΑΘΗΝΑ) | 37,500 | 183,00 |
| | ΣΥΝΟΛΟ | 80034,707 | 123,000 |

**Εικόνα 8.** *Χάρτης της Ελλάδος όπου απεικονίζονται οι περιοχές που υπάρχουν εργοστάσια παραγωγής βιοκαυσίμων*

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 100,000m$^3$, 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 κριτήριων. Το δυναμικό παραγωγής, η συνέπεια στις παραδόσεις τα προηγούμενα χρόνια, οι ποσοστώσεις παλαιότερων ετών, η χρήση εγχώριων ενεργειακών καλλιεργειών, η συμμετοχή σε προγράμματα έρευνας και ανάπτυξης και η πιστοποίηση ποιότητας κατά ISO 9001:2000, είναι κάποια από τα κριτήρια με διαφορετική στάθμιση για κάθε κριτήριο *(Βαρζάκας, 2007,* Τεχνολογική πλατφόρμα, 2008).

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 ελλήνων 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 η εξαιρετικά η χαμηλή τιμή πώλησης του. Πέραν 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 αειφορικό χαρακτήρα του καυσίμου και δεν προτιμάται από τον τελικό αποδέκτη, ο οποίος πρέπει να πραγματοποιήσει μεγαλύτερο αριθμό ποιοτικών ελέγχων για μια δεδομένη ποσότητα προϊόντος (Καραμουσαντάς, 2001).

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 μετουσιωτή, καθώς και γενικότερα προβλήματα προδιαγραφών (Τεχνολογική πλατφόρμα,2008). Ιδιαίτερα ως προς το τελευταίο, χαρακτηριστική είναι η περίπτωση της προδιαγραφής της τάσης ατμών κατά τη θερινή περίοδο.

## 1.7. ΒΙΟΜΑΖΑ

Η βιομάζα με την ευρύτατη έννοια του όρου περιλαμβάνει οποιοδήποτε υλικό που προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς,. Ειδικότερα, η βιομάζα χρησιμοποιείται για ενεργειακούς σκοπούς όπως για την παραγωγή στερεών, υγρών ή και αερίων καυσίμων.

Η βιομάζα χωρίζεται σε δύο τύπους :

α) Στις υπολειμματικές μορφές (απορρίμματα, ζωικά απόβλητα, φυτικά υπολείμματα) και

β) 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 κυρίους 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 9.*** *Φωτογραφίες με καλλιέργειες όπου αξιοποιούνται για βιοαιθανόλη*

## 1.7.1. Ενεργειακές καλλιέργειες

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.

Παραδοσιακές καλλιέργειες όπως, το σιτάρι, το κριθάρι ο αραβόσιτος, τα ζαχαρότευτλα και ο ηλίανθος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν 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.

## 1.7.2. Δασικές ενεργειακές καλλιέργειες

**Α) Ευκάλυπτος ( *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 *Ε. Camaldulensis* (Ευκάλυπτος η ρυγχωτή), γιατί α) προσαρμόζεται σε διάφορα μικροπεριβάλλοντα, σε σχέση με άλλα είδη ευκαλύπτου, β)

ταχυαυξεία, 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, χλωρής 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 χαρτοπολτού.

**Β) ψευδακακία : *Robinia pseudoacacia L.***

Είναι φυτό ψυχανθές, πολυετές δενδρώδες που χαρακτηρίζεται από την ταχύτατη 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 ταχύτατου ρυθμού ανάπτυξης και της χαμηλής

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

Στην Ελλάδα τον τρίτο χρόνο φύτευσης το γόνιμο έδαφος έδωσε 17 τόνους ξηρής ουσίας/στρέμμα/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

## 1.7.3. Γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες

### α) Πολυετείς

#### 1) Καλάμι: *Arundo donax L.*

Ανήκει στα αγρωστώδη 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.

Έχουν αναφερθεί αποδόσεις στην νότια Γαλλία όπου 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, χαρτοπολτού και δομικών υλών.

**2) Μίσχανθος: *Miscantus giganteus GREEF et Deu***

Είναι ένα αγρωστώδες, 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 χλωρή 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, κυμάνθηκαν 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, αργοστώδες 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$^0$C. Η σπορά δεν πρέπει να γίνεται βαθύτερα από 1 cm και η πυκνότητα της φυτείας κυμαίνεται από 200 – 300 φυτά ανά m$^2$.

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) Γλυκό σόργο : *Sorghum bicola L. Moench***

Είναι ένα C4 μονοετές φυτό, με μεγάλη φωτοσυνθετική ικανότητα, υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα, υψηλό ποσοστό σε διαλυτά σάκχαρα και κυτταρίνες και έχει χαμηλές απαιτήσεις σε άρδευση και λίπανση. Προσαρμόζεται εύκολα σε διάφορα είδη εδαφών και κλιματικές συνθήκες. Στην Ευρώπη έχουν εξεταστεί πολλές ποικιλίες όπως Keller, Wray, Mn 1500 κ.ά. Οι αποδόσεις ποικίλουν ανάλογα με την περιοχή, τις κλιματικές συνθήκες, την γονιμότητα του εδάφους και τις καλλιεργητικές τεχνικές. Το χλωρό βάρος κυμαίνεται από 8,0 – 10,0 τόνους/ στρέμμα στην Γερμανία, σε9,2 τόνου/στρέμμα στην Ελλάδα (Νικολάου 2000, Καβαδάκης 2000).

Το γλυκό σόργο μπορεί να καλλιεργηθεί από τις βορειότερες ως τις νοτιότερες περιοχές της Ελλάδος, σε εύφορα και υποβαθμισμένα εδάφη. Η άρδευση αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τις υψηλές αποδόσεις ενώ η αζωτούχος λίπανση δεν έδειξε να επηρεάζει.

Η αναλογία των σακχάρων κυμαίνεται από 9 έως 13,2% επί του χλωρού βάρους, οι δε αποδόσεις με βάση την παραγωγή φτάνουν τους 1,2 τόνους ανά στρέμμα. Θεωρητικά μπορεί η περιεκτικότητα του σε σάκχαρα να εξασφαλίσει 6,75 λίτρα αιθανόλης /στρέμμα.

Επιπλέον μετά την επεξεργασία της πρώτης ύλης μένουν υψηλές ποσότητες υπολείμματος, υψηλής θερμογόνου δύναμης, οι οποίες

μπορούν να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες τόσο της παραγωγής όσο και της μετατροπής του σόργου σε αλκοόλη.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση(Ε.Ε.) πραγματοποιούνται έρευνες με σκοπό τη διερεύνηση της δυνατότητας αξιοποίησης του γλυκού σόργου για την παραγωγή βιοαιθανόλης σαν καύσιμο μεταφορών.

**2) 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. Το 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 χαρτοπολτού και για ενεργειακούς σκοπούς.

### 3) 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 ευδοκιμεί 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.

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

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

Η ελαιοκάμβη 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 ανοιξιάτικη.

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.

**5) Ηλίανθος: *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 ηλίανθος στην χώρα μας καλλιεργείται κυρίως στο βόρειο-ανατολικό μέρος και θεωρείται σημαντικό φυτό. Η συνολική καλλιεργούμενη έκταση όλα και διπλασιάζεται με τον χρόνο.

Ο ηλίανθος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοντήζελ, σαν πρώτη ύλη. Η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός βιοντήζελ σε παγκόσμιο επίπεδο (1,504,000 τόνοι το 2003) (Biofuels

Barometer – June 2004, EUROBSERVER) 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 βιοντήζελ.

**6) 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.

**7) ζαχαρότευτλα: *Reta vulgaris L.***

Είναι διετής 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 χαρτιού 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/].

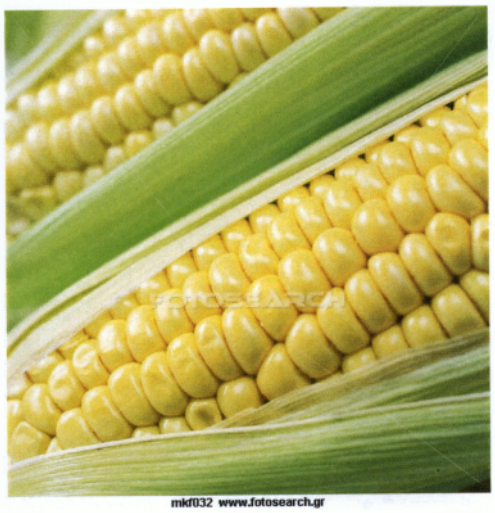
Από 1 στρέμμα ζαχαρότευτλου παράγονται κατά μέσο όρο 600 λίτρα βιοαιθανόλης.

**8) 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. (ΚΑΠΕ, 2006).

## 1.8. ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ



### 1.8.1. Βοτανική ταξινόμηση-προέλευση

Ο αραβόσιτος (Zea mays) ανήκει στην φυλή των Maydeae ή Tripeaceae της οικογένειας των Gramineae και ο αραβόσιτος είναι το μοναδικό είδος του γένους Zea.

Η φυλή Maydeae μαζί με το Zea περιλαμβάνει γένη, τα οποία από αυτά τα πέντε είναι ανατολικής και τρία αμερικανικής προελεύσεως. Τα δύο από τα αμερικανικής προελεύσεως είναι το Euchlaena και το Tripsacum, από τα οποία το Euchlaena θεωρείται ως γενετικά πλησιέστερο προς το Zea, διότι και τα δύο γένη έχουν 10 χρωμοσώματα ενώ το Tripsacum Tripsacum έχουν 18 ή 36 χρωμοσώματα. Υπό φυσικές συνθήκες η διασταύρωση του αραβόσιτου με το Euchlaena είναι δυνατή ενώ με το Tripsacum μόνο υπό τεχνητές συνθήκες. Ειδικότερα, η διασταύρωση με το *Euchlaena Mexicana* παράγει γόνιμα υβρίδια.

Ο σημερινός αραβόσιτος θεωρείται ότι είναι προϊόν το οποίο διασταυρώθηκε μεταξύ του αρχικού προγόνου του αραβόσιτου και των άλλων δύο γενεών, το οποίο έχει συμβάλλει στην ετεροζυγωνία του φυτού.

Παλαιότερα, πιστεύεται, ότι ο αραβόσιτος προήλθε από υβρίδιο, διασταυρώσεως μεταξύ του Euchlaena Mexicana και ενός αγνώστου άγριου φυτού, ενώ σήμερα πιστεύεται ότι ο πρόγονος του σημερινού αραβόσιτου ήταν ένα άγριο είδος που έχει σήμερα εξαφανισθεί.

Από αρχαιολογικά ευρήματα στο Μεξικό, που χρονολογούνται γύρω στο 7000 π.Χ., κατόρθωσαν να αναπαραστήσουν τον άγριο αραβόσιτο ο οποίος φαίνεται ότι έφεραν και αρσενικά και τα θηλυκά άνθη σ'ένα όργανο (μόνοικος-δίκλινος). Οι σπόροι φαίνεται ότι ήταν σφαιρικά κίτρινου ή καστανού χρώματος καλυμμένα από λέπυρα. Μια τέτοια μορφή επέτρεψε την επιβίωση του είδους με την εποχή που πρωτοκαλλιεργήθηκε από τον άνθρωπο, δεδομένου ότι καλλιεργούμενος αραβόσιτος δεν θα ήταν δυνατόν να εξαπλωθεί λόγω

των συμπαγών βακχείων φύλλων που περιβάλλουν τον σπάδικα. Ακόμη και όταν ο σπάδικας βρέθηκε στο έδαφος, οι σπόροι θα καταφέρουν να βλαστήσουν, και η πυκνότητα θα είναι πολύ πυκνή.

Υπάρχουν θεωρίες ότι ο αραβόσιτος είναι αφρικανικής ή ασιατικής καταγωγής, οι οποίες στερούνται από αποδείξεις σε σύγκριση με τις θεωρίες ότι η προέλευση του αραβόσιτου είναι αμερικανικής φύσεως. Προσδιορίζεται κυρίως στην περιοχή του κεντρικού Μεξικού και της σημερινής Ονδούρας, όπου βρέθηκαν από αρχαιολογικές έρευνες σε σπήλαια φυτικά υπολείμματα και ενδέχεται να είναι από το 52200 π.Χ. μέχρι το 1536 μ.Χ.. τα υπολείμματα αυτά ξεκινούν από τον άγριο αραβόσιτο μέχρι τον αραβόσιτο που καλλιεργείται στο Μεξικό σήμερα. Από το Μεξικο διαδόθηκε στην κεντρική και νότια Αμερική όπου στήριξε μεγάλους πολιτισμούς όπως των Ατζέκων (Μεξικό), των Μάγια (Γιουκατάν) και των Ίνκας (Περού, Βολιβία, Ισημερινό).

Προς τον δυτικό πολιτισμό, η διάδοση του έγινε με τον Κολόμβο στην Κούβα το 1492 και στην Ευρώπη προσκομίσθηκαν δείγματα το 1492 ή 1494. Στην Ευρώπη η καλλιέργεια του έγινε στις αρχές του 16ου αιώνα, αφού στην Ιταλία καλλιεργούνταν ήδη από το 1532 και έπειτα εξαπλώθηκε περισσότερο στην Ευρώπη, Αφρική και στη Μέση Ανατολή για να φθάσει στην Κίνα και στις Φιλιππίνες μέχρι το 1575. Στην Ελλάδα έφτασε το 1609 περίπου, μέσω της βόρειας Αφρικής, που πιθανολογείται ότι από εκεί έλαβε την ονομασία του (αραβόσιτος = αραβικός σίτος) (Καραμάνος, 1983).

**Εικόνα 10.** *Καλλιέργεια καλαμποκιού*

## 1.8.2. Σκοπός της καλλιέργειας

Ο αραβόσιτος καλλιεργείται κυρίως για τον καρπό του και δευτερευόντως για την χλωρή μάζα του, για άμεση κατανάλωση της ή για ενσίρωση. Η παραγωγή της χλωρής μάζας υπολογίζεται ότι καταλαμβάνει το 10-15% της ολικής καλλιεργούμενης έκτασης στις Η.Π.Α.. Στην Ελλάδα το ποσοστό είναι περίπου στο 3,1%. Αντίθετα στην δυτική βόρεια Ευρώπη, όπως στην Μ. Βρετανία, στην βόρεια Γαλλία, στο Βέλγιο και στην Ολλανδία ο αραβόσιτος καλλιεργείται κυρίως για την παραγωγή χλωρής μάζας, δεδομένου ότι η παραγωγή του καρπού στα κλίματα αυτά δεν ευνοείται.

Ο καρπός του αραβόσιτου χρησιμοποιείται κυρίως ως κτηνοτροφή, όπως και για την διατροφή του ανθρώπου με διάφορους τρόπους μαγειρέματος ανάλογα τις περιοχές. Επίσης τα υποπροϊόντα του χρησιμοποιούνται ή στις βιομηχανίες τροφίμων ή για άλλες βιομηχανικές χρήσεις. Η ξηρή ουσία του αποτελείται κυρίως από άμυλο (περίπου 70%), πρωτεΐνες (10%) και έλαια (5%).

***Πίνακας 5.*** *Η σύσταση των διαφόρων τμημάτων του καρπού του αραβοσίτου* (Καραμάνος, 1983, Earle et al, 1946).

| Τμήμα καρπού | Αναλογία στον καρπό % | Τέφρα | | Πρωτεΐνη | | Έλαια | | Άμυλο | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | % | Σύν. | % | Σύν. | % | Σύν. | % | Σύν. |
| **Ενδοσπέρμιο** | 81,9 | 0,31 | 0,3 | 9,4 | 7,7 | 0,8 | 0,7 | 86.4 | 70,8 |
| **Έμβρυο** | 11,9 | 10,10 | 1,2 | 18,8 | 2,2 | 34,5 | 4,1 | 8,2 | 1,0 |
| **Πίτουρα** | 5,3 | 0,84 | 0,0 | 3,7 | 0,2 | 1,0 | 0,1 | 7,3 | 1,4 |
| **Τμήμα προσφύσεως** | 0,8 | 1,59 | 0,0 | 9,1 | 0,1 | 3,8 | 0,0 | 5,3 | 0,0 |
| **Σύνολο:** | 99,9 | | 1,5 | | 10,2 | | 4,9 | | 73,2 |

Όπως φαίνεται το ενδοσπέρμιο περιέχει το 95% του ολικού αμύλου και το 75% της πρωτεΐνης ενώ το έμβρυο περιέχει κυρίως έλαια (84%) και μεγάλο ποσοστό τέφρας (ανόργανα άλατα, 80%)).

Το άμυλο του αραβόσιτου έχει υψηλή περιεκτικότητα σε αμυλοπηκτίνη (72% έναντι 28% της αμυλόζης, spaque 1955). Στα υβρίδια που ανήκουν στον κηρώδη αραβόσιτο το άμυλο αποτελείται αποκλειστικά από αμυλοπηκτίνη η οποία χρησιμοποιείται για την παραγωγή της γνωστής "τα πιόκα" όπως και άλλων κολλητικών ουσιών. Υπάρχουν και υβρίδια με μεγάλο ποσοστό αμυλόζης (70-80%). Επειδή ο καρπός του αραβόσιτου έχει υψηλό ποσοστό αμύλου, χρησιμοποιείται στη βιομηχανία για την εξαγωγή διαφόρων τύπων αμύλου όπως δεξτρινών, κολλητικών ουσιών, σιροπιού και δεξτρόζης.

Η κύρια πρωτεΐνη του ενδοσπερμίου είναι η ζεΐνη, η οποία έχει χαμηλή βιολογική αξία, επειδή έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε απαραίτητα αμινοξέα όπως είναι η λυσίνη και τρυπτοφάνη. Αντίθετα, η πρωτεΐνη του εμβρύου είναι καλύτερη σε ποιότητα, είναι όμως χαμηλή

η ποσότητα. Μπορούν όμως να φτιαχτούν υβρίδια και κλώνοι με υψηλές ποσότητες πρωτεΐνης τα οποία έχουν χαμηλές στρεμματικές αποδόσεις. Επίσης μπορούν να ενσωματωθούν γόνοι στα υβρίδια, ο οποίος αυξάνει την περιεκτικότητα σε λυσίνη στο ενδοσπέρμιο και δίνει στον καρπό μια λευκή – αδιάφανη όψη. Οι γόνοι αυτοί παρόλα αυτά, είναι λιγότερο παραγωγικοί και ευαίσθητοι σε ασθένειες. Η παραγωγή αυτή των πρωτεϊνών χρησιμοποιείται στην διατροφή των χοίρων και των πουλερικών καθώς και σε βιομηχανικές χρήσεις όπως για παραγωγή πλαστικών και πρόσθετα χρωμάτων.

Ένα άλλο παράγωγο του αραβόσιτου είναι το αραβοσιτέλαιο, το οποίο εξάγεται μετά από τον καρπό και κατά την κατεργασία του εμβρύου. Είναι καλής ποιότητας, πλούσιο σε ακόρεστα λιπαρά οξέα και χρησιμοποιείται για την διατροφή του ανθρώπου. Υπάρχουν υβρίδια που η ελαιοπερεκτικότητα του είναι στο 7,5 – 9 % και σε υψηλές αποδόσεις. Αυτά τα υβρίδια έχουν μεγαλύτερο έμβρυο παρά ενδοσπέρμιο.

Επίσης ο αραβόσιτος περιέχει σημαντικές ποσότητες σε βιταμίνες όπως είναι η Ε καθώς επίσης σε νικοτινικό οξύ, παντοθενικού οξέος, θειαμίνης και ριβοφλαβίνης. Η προβιταμίνη Α υπάρχει μόνο σε καρπούς με κίτρινο χρώμα λόγω της κρυπτοξανθίνης που περιέχουν.

Επιπροσθέτως, το ψωμί που παράγεται από το αλεύρι του καλαμποκιού, γνωστό και μπομπότα, δεν είναι καλής ποιότητας. Το άμυλο του καλαμποκιού, γνωστό και κόρν φλάουρ ή άνθος αραβοσίτου, χρησιμοποιείται στην ζαχαροπλαστική, στην παραγωγή αμυλούχων προϊόντων και στην αλλαντοποιία. Στην Λατινική Αμερική το καλαμπόκι χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενός είδους ζύμης, από την οποία παρασκευάζεται η γνωστή «τορτίγια», οι οποίες είναι επίπεδες πίτες, που αντικαθιστούν το ψωμί. Επιπροσθέτως οι κόκκοι του καλαμποικιού μπορούν να γίνουν, με κατάλληλη επεξεργασία, αλκοόλη βιομηχανικής χρήσης καθώς και για παραγωγή βιοκαυσίμων.

Τέλος τα υπολείμματα από την κατεργασία του καλαμποκιού αποτελούν και μια από τις σημαντικότερες πηγές βιομάζας (Καραμάνος, 1983).

### 1.8.3. Χαρακτηριστικά του αραβόσιτου

Είναι ετήσιο ψηλό φυτό με χοντρό όρθιο και συμπαγή βλαστό, στενά και μακριά φύλλα σε σχήμα 'σπαθιού' και κυματιστά άκρα. Στην κορυφή του βλαστού υπάρχει η αρσενική ταξιανθία που σχηματίζει θύσανο και έχει την μορφή φόβης. Η δε θηλυκή ταξιανθία αποτελείται από ένα πλατύ στάχυ με παχύ άξονα, πάνω στο οποίο βρίσκονται τα άνθη σε σειρές. Η ταξιανθία αυτή ονομάζεται σπάδικας. Στην έπειτα ανάπτυξη του φυτού, τη θέση των ανθέων παίρνουν οι κόκκοι που καλύπτονται από τα φύλλα ενώ στην κορυφή του σπάδικα υπάρχει θύσανος αποτελούμενος από μακριές τριχοειδής κλωστές.

Το δε ριζικό σύστημα αποτελείται από τις εμβρυακές ρίζες, τις μόνιμες και τι εναέριες ρίζες. Οι εμβρυακές διακρίνονται στην πρωτογενή εμβρυακή ρίζα αι στις δευτερογενείς. Οι δευτερογενείς ρίζες είναι αυτές που εφοδιάζουν το φυτό με νερό και ανόργανα άλατα. Οι μόνιμες αποτελούν την κύρια μάζα του ριζικού συστήματος του φυτού. Εκφύονται αμέσως κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Εκφύονται από τους πρώτους 7-8 κόμβους και έχουν την τάση να προχωρούν οριζόντια και μετά κάμπτονται κατακόρυφα. Οι εναέριες ρίζες εκφύονται από τους πρώτους 2-3 κόμβους πάνω από τη επιφάνεια του εδάφους και όταν και εάν φθάσουν εισδύουν μέσα και αποκτούν φυσιολογική λειτουργία ριζών. (http://www.wikipedia.gr)

### 1.8.4. Ποικιλομορφία του αραβόσιτου – ομάδες αραβόσιτου

Λόγω των σταυρογονιμοποιήσεων, αλλά και τις προσαρμοστικότητας του σε μεγάλη ποικιλία κλιμάτων, ο αραβόσιτος παρουσιάζει μεγάλη ποικιλομορφία τόσο στα μορφολογικά χαρακτηριστικά, όσο και στον τρόπο αυξήσεως και την ποιότητα της παραγωγής. Έτσι, το τελικό ύψος των φυτών κυμαίνεται μεταξύ 0,60m με 8 φύλλα στο κύριο στέλεχος μέχρι 7m και 48 φύλλα. Το τελικό μήκος του σπάδικα ποικίλει από 7cm και στου μικρόκοκκου κόκκου 1m. Η υφή μπορεί να είναι από σκληρή και υαλώδης μέχρι μαλακά και αλευρώδης και ο χρωματισμός τους να ποικίλει από λευκό ή κίτρινο μέχρι πορφυρό ή κυανό με όλες τις ενδιάμεσες αποχρώσεις. Τέλος, ο χρόνος από την σπορά μέχρι την συγκομιδή μπορεί να κυμαίνεται από 3 μήνες μέχρι και περισσότερο από ένα χρόνο στις ποικιλίες που αναπτύσσονται σε μεγάλο υψόμετρο.

Η μεγάλη ποικιλομορφία του αραβόσιτου αποτέλεσε παλαιότερα κίνητρο για την ταξινόμηση του είδους σε ένα μεγάλο βαθμό υποειδών τα οποία ελάχιστα χρησιμοποιούνται σήμερα. Πιο πρόσφατα, οι ποικιλίες του αραβόσιτου που καλλιεργούνται στην κεντρική και νότια Αμερική ταξινομήθηκαν σε ομάδες με κοινά χαρακτηριστικά που ονομάστηκαν φυλές ή σειρές. Μέχρι σήμερα έχουν περιγραφή περισσότερες από 250 τέτοιες φυλές οι οποίες προήλθαν από τη μακροχρόνια επιλογή από τον άνθρωπο με βάση ορισμένα επιθυμητά χαρακτηριστικά τους.

Οι διάφορες ποικιλίες του αραβόσιτου μπορούν να ταξινομηθούν σε 7 ομάδες ή τύπους που μπορούν να αλληλογονιμοποιούνται. Οι ομάδες αυτές διακρίνονται κυρίως με βάση τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του κόκκου, τη δομή του αμύλου και τις φυσικοχημικές του ιδιότητες. Οι διαφορές αυτές οφείλονται σε ένα ζεύγος κληρονομικών παραγόντων.

1. *Zea mays indentata*: (οδοντοειδής αραβόσιτος). Ο κόκκος έχει σχήμα σχεδόν τριγωνικό, καθώς στενεύει στη βάση και

διευρύνεται στην κορυφή. Το υαλώδες ενδοσπέρμιο περιορίζεται στις πλευρές του κόκκου ενώ το υπόλοιπο ενδοσπέρμιο είναι αλευρώδες. Κατά την ωρίμανση λόγω της απώλειας υγρασίας του κόκκου στην κορυφή του δημιουργείται ένα βαθούλωμα. Οι περισσότερες καλλιεργούμενες ποικιλίες και υβρίδια στην Ελλάδα ανήκουν σε αυτόν τον τύπο

2. *Zea mays indyrata*: (σκληρόκοκκος αραβόσιτος). Το ενδοσπέρμιο του κόκκου είναι υαλώδες εκτός από μία μικρή περιοχή πλησίον του εμβρύου. Ο κόκκος έχει σχήμα ωοειδές, και είναι σκληρός και δεν αφυδατώνεται κατά την ωρίμανση. Σε αυτόν τον τύπο ανήκουν πολλές ποικιλίες και πληθυσμοί που καλλιεργούνται παραδοσιακά στην Ελλάδα

3. *Zea mays everta*: (μικρόκοκκος αραβόσιτος). Οι κόκκοι του τύποι αυτού είναι μικροί και έχουν σχήμα ωοειδές (τύπου pearl, μαργαριτόμορφος) ή επιμηκές (τύπου rise, οριζόμορφος). Αποτελούνται σχεδόν αποκλειστικά από υαλώδες ανθοσπέρμιο. Ο σπάδικας είναι σχετικά μικρός. Χαρακτηριστικό των κόκκων είναι ότι είναι θερμαινόμενοι εκρηγνύονται και το ανθοσπέρμιο διογκώνεται από την πίεση του νερού που υπάρχει μέσα στον κόκκο. Το τελικό προϊόν είναι μια λευκή μαλακή μάζα το γνωστό μας pop corn.

4. *Zea mays amylacea*: (αμυλώδες αραβόσιτος). Οι κόκκοι της ομάδας αυτοί είναι εξ'ολοκλήρου αλευρώδεις, και κατά την ξήρανση αφυδατώνονται και συρρικνώνονται.

5. *Zea mays saccharata*: (σακχαρώδης αραβόσιτος). Οι κόκκοι της συγκεκριμένης ομάδας έχουν σημαντική περιεκτικότητα σε διαλυτά σάκχαρα κατά την ωρίμανση τους. Καλλιεργούνται κυρίως στην Βόρεια Αμερική για ανθρώπινη κατανάλωση (γλυκοκαλάμποκο).

6. *Zea mays ceratina*: (κηρώδης αραβόσιτος). Το ανθοσπέρμιο είναι μαλακό και κηρώδους υφής καθώς περιέχει υψηλό ποσοστό αμυλοπηκτίνης. Χρησιμοποιείται για την παραγωγή αμυλόκολλας ή και για την διατροφή σε ορισμένους λαούς.

7. *Zea mays tunicate*: (υπενδεδυμένος αραβόσιτος). Χαρακτηριστικό της ομάδας αυτής είναι ότι οι κόκκοι εξ'ολοκλήρου αλυμένοι με λέπυρα και η ταξιανθία μοιάζει με αυτή των χειμερινών σιτηρών. Η μορφή του κόκκου είναι αντίστοιχη των άλλων ομάδων.

(Οικονόμου, 2008).

### 1.8.5. Χρήση

Ο αραβόσιτος καλλιεργείται κυρίως για τον καρπό του ή για παραγωγή βιομάζας. Οι κύριες χρήσεις του καρπού ανάλογα με τον τύπο είναι:

1. Ζωοτροφή: Ο καρπός του αραβοσίτου είναι υψηλής περιεκτικότητας σε ενέργεια, αλλά χαμηλής σε πρωτεΐνες.

2. Παραγωγή ελαίου: Το αραβοσιτέλαιο είναι ένα έλαιο που χρησιμοποιείται σε μεγάλη κλίμακα στην διατροφή του ανθρώπου, λόγω των χαρακτηριστικών του όπως το ευχάριστο άρωμα και υψηλή περιεκτικότητα σε λινολενικό οξύ. Προέρχεται από κατεργασία του εμβρύου. Κατάλληλες ποικιλίες για ηλιέλαιο είναι αυτές με μεγάλη αναλογία εμβρύου προς ενδοσπέρμιο.

3. Παραγωγή pop corn: Παρασκευάζεται από την θέρμανση κόκκων του τύπου Zea mays everta. Κατά την θέρμανση, το νερό που υπάρχει εντός του κόκκου αυξάνει την πίεση έως ότου ο σπόρος εκραγεί. Η παρασκευή του μπορεί να γίνει με προσθήκη λίπους ή όχι. Χρησιμοποιείται σαν τροφή κυρίως των παιδίων.

4. Άμυλο αραβοσίτου: Παράγεται με διαδικασίες υγρής αλευροποίησης, στις οποίες το έμβρυο και το περισπέρμιο αφαιρούνται. Στην συνέχει ο κόκκος αλέθεται και αναμειγνύεται με νερό. Το άμυλο καθιζάνει ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό της πρωτεΐνης μένει αιωρούμενο. Το άμυλο στην συνέχεια πλένεται, ξηραίνεται και κονιορτοποιείται. Το άμυλο του αραβόσιτου χρησιμοποιείται ευρέως καθώς η παρασκευή του δεν είναι ακριβή, δεν έχει γεύση, και κατά το μαγείρεμα δημιουργεί ένα βελούδινο και σχεδόν διαυγές δείγμα με το νερό ή άλλο διαυγές νερό, και είναι ανώτερης ποιότητας σε σχέση με το άμυλου σιταριού και το άμυλο της πατάτας (Οικονόμου, 2008).

**Πίνακας 6:** *Παραγωγή αραβοσίτου σε τόνους στην Ελλάδα αλλά και παγκοσμίως (FAOstat.fao.org/default.aspx, 2010)*

| Παραγωγή σε τόνους | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 |
|---|---|---|---|---|---|
| **Ελλάδα** | 2,5 εκατ. | 2,45 εκατ. | 2,54 εκατ. | 2,35 εκατ. | 2,39 εκατ. |
| **Παγκόσμια** | 645,1 εκατ. | 729,3 εκατ. | 714,8 εκατ. | 706,1 εκατ. | 791,7 εκατ. |

**Πίνακας 7:***Παραγωγή σπόρων αραβοσίτου στην Ελλάδα αλλά και παγκοσμίως (FAO, 2010) (http://www.faostat.fao.org.default.aspx)*

| Σπόροι σε τόνους | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 |
|---|---|---|---|---|---|
| **Ελλάδα** | 14,5 χιλ. | 14,8 χιλ. | 13,9 χιλ. | 14,3 χιλ. | 14,3 χιλ. |
| **Παγκόσμια** | 6 εκατ. | 6,18 εκατ. | 5,35 εκατ. | 5,53 εκατ. | 5,6 εκατ. |

Σε σχέση με την ποσότητα παγκοσμίως οι 20 κυριότερες χώρες είναι:

1) Οι ΗΠΑ με 331175072 τόνους
2) Η Κίνα με 151948870 τόνους
3) Το Μεξικό με 23512752 τόνους
4) Η Βραζιλία με 52112200 τόνους
5) Η Αργεντινή με 21755364 τόνους
6) Η Ινδία με 18960000 τόνους
7) Η Γαλλία με 14528000 τόνους
8) Η Ινδονησία με 1328727 τόνους
9) Ο Καναδάς με 11648700 τόνους
10) Η Ιταλία με 9891362 τόνους

## 1.9. Κόστος παραγωγής βιοαιθανόλης και αποδόσεις καλλιεργειών

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(http://www.fere.gov).

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 ευδοκιμεί, όπως είναι η Ευρώπη. Στον πίνακα αναφέρεται το κόστος παραγωγής της βιοαιθανόλης από διάφορες πρώτες ύλες.

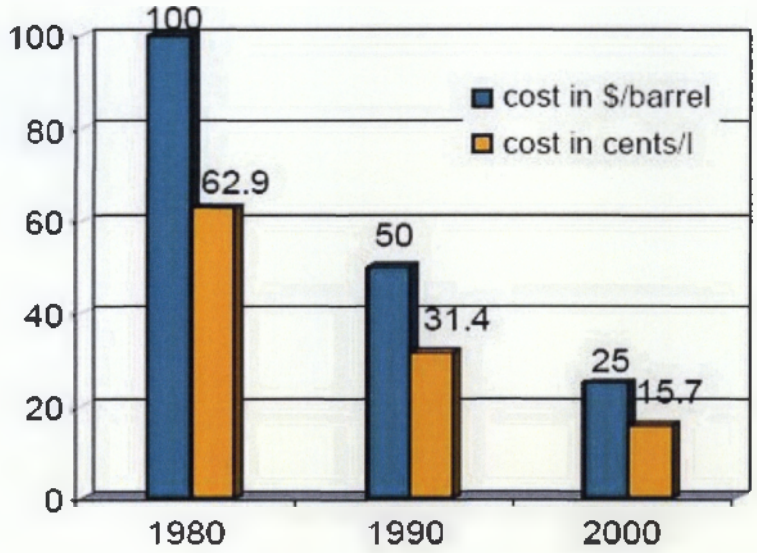
***Πίνακας 8.****Εκτιμώμενο κόστος παραγωγής βιοαιθανόλης από διάφορες πρώτες ύλες.* (http://bioenergynews.blogspot.com/2008/03/blog-post_21.html)

| 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 Ε85 (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.

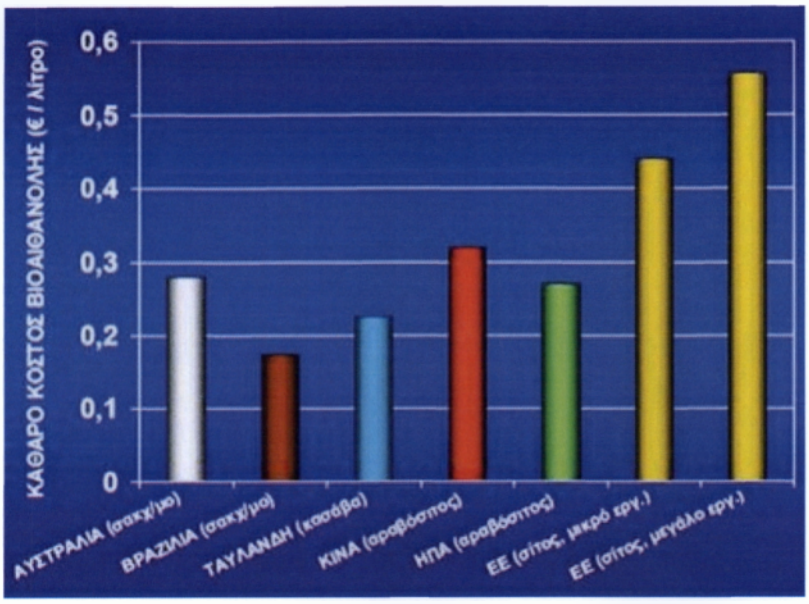



***Γράφημα 1.*** *Μείωση του κόστους παραγωγής της βιοαιθανόλης στη Βραζιλία* (Goldberg,2008).

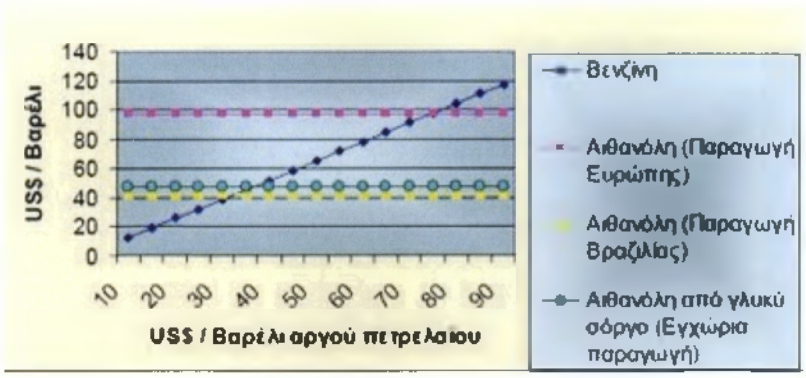
Για την ΕΕ όπου η βιομηχανία αιθανόλης είναι λιγότερο αναπτυγμένη, η παραγόμενη βιοαιθανόλη γίνεται ανταγωνιστική της βενζίνης για τιμές πετρελαίου 90 € ανά βαρέλι, ενώ υπολογίζεται ότι η έρευνα και η τεχνολογική ανάπτυξη στον τομέα των βιοκαυσίμων θα επιφέρει μείωση κόστους κατά 30% μετά το έτος 2010.

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.* (Goldberg,2008).




**Γράφημα 3.** *Σύγκριση των τιμών βενζίνης και αιθανόλης ως συνάρτηση της τιμής αργού πετρελαίου.* (Goldberg,2008).

Προς το παρόν, η βιομηχανία αιθανόλης είναι υπό ανάπτυξη στην Ελλάδα, ενώ αναμένονται εξελίξεις σχετικά με τη μετατροπή από ζαχαρουργεία σε εργοστάσια βιοαιθανόλης, των εργοστασίων της

Ελληνικής Βιομηχανίας Ζάχαρης σε Λάρισα και Ξάνθη όπως αναφέρθηκε στον Πίνακα 4.

Το δυναμικό παραγωγής βιοαιθανόλης των καλλιεργειών στην Ελλάδα, παρουσιάζεται στον Πίνακα 8 που ακολουθεί:

**Πίνακας 8.** *Απόδοση σε βιοαιθανόλη ανάλογα την πρώτη ύλη (Τεχνολογική πλατφόρμα Θεσσαλίας, 2008)*

| Βιοκαύσιμο | Πρώτη ύλη | Απόδοση (κιλά/ στρέμμα) | Απόδοση σε βιοκαύσιμο (κιλά/ στρέμμα) | Απόδοση σε βιοκαύσιμο (λίτρα/ στρέμμα) |
|---|---|---|---|---|
| **Βιοντίζελ** | Ηλίανθος | 120-210 | 40-70 | 43-75 |
| | Ελαιοκράμβη | 120-250 | 40-83 | 43-90 |
| | Βαμβάκι | 120-160 | 17-23 | 18-25 |
| | Σόγια | 160-240 | 27-41 | 29-44 |
| **Βιοαιθανόλη** | Σιτάρι | 150-800 | 36-190 | 45-240 |
| | Αραβόσιτος | 900 | 213 | 270 |
| | Τεύτλα | 6000 | 475 | 600 |
| | Σόργο | 7000-10000 | 553-790 | 675-900 |

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

## 1.10. Μικροβιακή ζύμωση

Οι μικροοργανισμοί είναι όπως γνωρίζουμε ζωντανοί μικροοργανισμοί μη ορατοί με γυμνό μάτι παρά μόνο στο μικροσκόπιο. Σαν μικροοργανισμοί λοιπόν έχουν ενεργειακές ανάγκες, οι οποίες καλύπτονται αν αναπτυχθούν στο κατάλληλο υπόστρωμα. Κατά την διάρκεια της κατανάλωσης τροφής, αφού αναπτυχθούν έχουν την ικανότητα να πολλαπλασιάζονται, να αναπνέουν και τέλος να αφοδεύουν εκκρίνοντας ένα επιπλέον μέρος τροφής που δεν χρησιμοποιείται πουθενά. Κάθε στέλεχος (είδος) μικροοργανισμών έχει κάποιες ιδιαιτερότητες όσον αφορά την ανάπτυξη, την επιβίωση και τον πολλαπλασιασμό του. Αυτές οι ιδιότητες έχουν να κάνουν με το κατάλληλο pH, την θερμοκρασία T (°C), την παρουσία ή απουσία του οξυγόνου και το είδος του υποστρώματος στο οποίο αναπτύσσονται. Υπάρχουν στα σύγχρονα εργαστήρια τρόποι να ρυθμίζουν τις συνθήκες αυτές τις συνθήκες με σκοπό να επιτευχθεί ο βέλτιστος ρυθμός ανάπτυξης των μικροοργανισμών που τους ενδιαφέρουν.

### 1.10.1. Κατάλληλες συνθήκες ανάπτυξης των σακχαρομυκήτων

Στην πράξη, η ζύμωση των αναγόντων σακχάρων από μόνη της είναι πρακτικά αδύνατο να γίνει, αν δεν ευνοηθεί προτέρων από την ανάπτυξη κάποιων ζυμών. Συγκεκριμένα 1εκ. κυττάρων ζυμών απαιτούνται ανά ml γλεύκους, ώστε να ευνοηθεί η έναρξη της ζύμωσης. Η φάση συσσώρευσης της παραπάνω ποσότητας ονομάζεται φάση αναμονής. για να αποφευχθούν τυχόν μικροβιακές μολύνσεις, η διάρκεια της φάσης αναμονής θα πρέπει να είναι όσο το δυνατό μικρότερη. Στην συνέχεια, η φάση που ακολουθεί αποτελεί το κύριο μέρος της αλκοολικής ζύμωσης και καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα του οίνου. Οι ζύμες έχουν ανάγκη από θρέψη και διαβίωση. Οι συνθήκες που διασφαλίζουν τη ομαλή και ολοκληρωμένη ζύμωση είναι:

- *Το pH*

Κάθε μικροοργανισμός απαιτεί για την ανάπτυξη του ένα ορισμένο pH. Το άριστο pH για την ανάπτυξη του είναι διαφορετικό από εκείνο που χρειάζεται αυτός για την άριστη συνολική παραγωγή, ενός μεταβολικού προϊόντος που μας ενδιαφέρει. Η βιοσύνθεση ενός προϊόντος γίνεται πάντοτε σε μια ζώνη του pH ορισμένη ανάλογα με τις ανάγκες της κατηγορίας του μικροοργανισμού (βακτήρια, μύκητες, ζύμες).

Οι ζύμες όπως και οι μύκητες, μπορούν να αναπτυχθούν σε pH 4,0-5,0. Για τον έλεγχο και την σταθεροποίηση του pH χρησιμοποιούμε ρυθμιστικά διαλύματα τα οποία όμως στοιχίζουν ακριβά. Το $CaCO_3$ που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι ακριβό, όμως υπάρχουν και πιο φτηνά όπως είναι: το HCl, το $H_2SO_4$, το $H_3PO_n$, NaOH και η αμμωνία. Η τελευταία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν πηγή αζώτου της καλλιέργειας. Σε βιομηχανική κλίμακα, η προσθήκη των ρυθμιστικών παραγόντων γίνεται κατά την διάρκεια της καλλιέργειας, με κατάλληλες συσκευές (Οικονόμου, 1987).

- *Η θερμοκρασία*

Κάθε μικροοργανισμός απαιτεί για την άριστη ανάπτυξη του μία ορισμένη θερμοκρασία, που είναι κοντά στην οριακή θερμοκρασία, η οποία είναι εκείνη που η καλλιέργεια έχει τον ταχύτερο ρυθμό ανάπτυξης. Η άριστη θερμοκρασία είναι γύρω στους 37°C για μια μεγάλη ποικιλία βακτηρίων και γύρω στους 28°C για τους κατώτερους μύκητες. Εξαίρεση αποτελούν τα θερμόφιλα στελέχη που αναπτύσσονται σε 45-65°C .

Η θερμοκρασία είναι ο κυριότερος παράγοντας που καθορίζει τόσο την διαβίωση των ζυμών όσο και την περαιτέρω ποιότητα του προϊόντος. Πρακτικά, η ταχύτητα της ζύμωσης είναι μεγαλύτερη σε ψηλότερες θερμοκρασίες, δηλαδή στους 30 °C η αντίδραση είναι πιο γρήγορη από

το ότι στους 25 °C ή τους 20 °C. Πάνω όμως από 30 °C, εγκυμονούν αρκετοί κίνδυνοι πρόωρου τερματισμού της ζύμωσης που οφείλονται σε καταπόνηση των ζυμών. (www.moa.gov.cy)

- *Αερισμός – Αυάδευση*

Ο σκοπός του συστήματος αερισμού στο ζυμωτή είναι να δώσει στον μικροοργανισμό το αναγκαίο οξυγόνο για την ανάπτυξη του. Σκοπός της είναι να εξασφαλίσει ομοιόμορφη διανομή των μικροβίων για την αύξηση της συνάφειας μεταξύ αυτών και του θρεπτικού μέσου της καλλιέργειας.

Οι ζύμες έχουν ανάγκη από οξυγόνο για να αναπτυχθούν ώστε αργότερα να οδηγηθούν σε αναερόβια ζύμωση. Συγκεκριμένα το οξυγόνο δρα καταλυτικά στη δημιουργία απαραίτητων συστατικών της κυτταρικής μεμβράνης δηλαδή ουσιών που καθορίζουν την αντοχή ζυμών σε βάθος χρόνου.

Στην απουσία οξυγόνου, οι ζύμες δημιουργούν κάποιες γενεές αλλά η μετέπειτα ανάπτυξη εμποδίζεται με αποτέλεσμα να οδηγούμαστε στην παραγωγή ενός χαμηλό βαθμού και επίπεδου προϊόντος. Η παροχή οξυγόνου στα αρχικά στάδια της ζύμωσης, ιδιαίτερα κατά τη δεύτερη μέρα, είναι πολύ πιο αποτελεσματική από ότι σε άλλο χρονικό σημείο της ζύμωσης. (www.moa.gov.cy)

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2$^{ο}$ Υλικά και Μέθοδοι

Παρακάτω περιγράφονται αναλυτικά οι πειραματικοί μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση της σύστασής των κόκκων αραβοσίτου: ανάγοντα σάκχαρα, πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, ξηρού βάρους βιομάζας καθώς και της υγρασίας των δειγμάτων που εμπεριέχονται στο παρόν δείγμα.

## 2.1. Μέθοδοι Χημικής ανάλυσης

Τα δείγματα αραβόσιτου αλέσθηκαν και ξηράθηκαν στους 90$^{o}$C για 18h. Κοσκινίστηκαν σε κόσκινο..... τα ανάγοντα σάκχαρα εκτιμήθηκαν με την χρωματομετρική μέθοδο DNS, οι πρωτεΐνες με την μέθοδο Kjeldahl με την οποία υπολογίζεται το ολικό άζωτο. Για τους υδατάνθρακες χρησιμοποιήθηκε πάλι η μέθοδος DNS με προσθήκη HCl 0,5 M για 5 ημέρες σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

### 2.1.1. 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 προκείμενη 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 αραίωση του δείγματος

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

✓ Διάλυμα DNS που περιέχει: 1% δινιτροσαλικιλικό οξύ, 2% φαινόλη, 1% NaOH και τέλος προσθήκη νερού μέχρι τον τελικό επιθυμητό όγκο. Επίσης $Na_2SO_3$ 0,05%.

✓ KNa tartrate περιεκτικότητας 40 % W/V

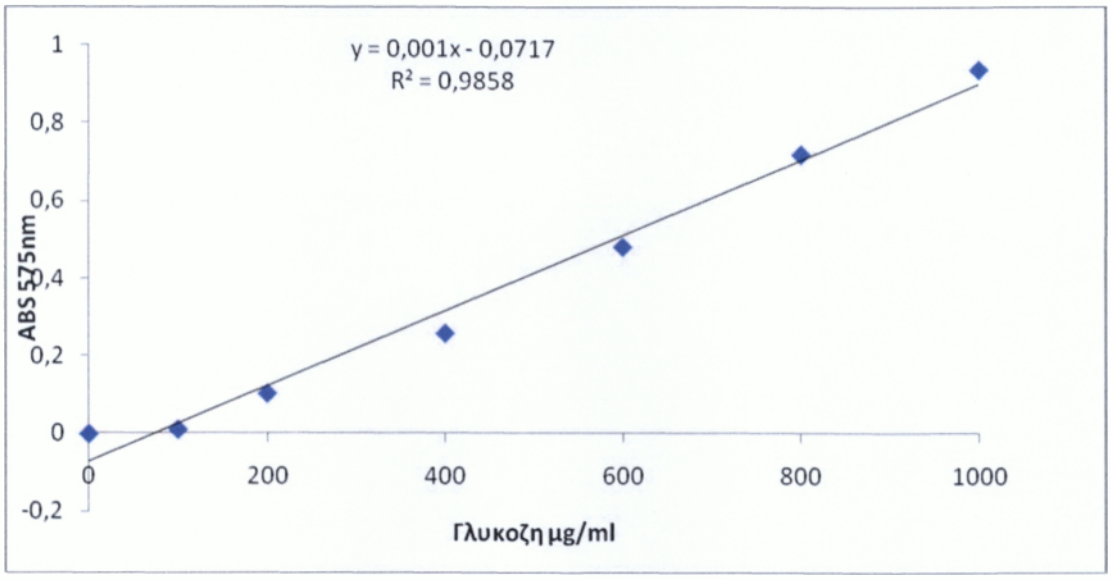
✓ Πρότυπο διάλυμα γλυκόζης 1000 ppm.

## 2.1.2.Πειραματική διαδικασία D.N.S

Ζυγίζουμε 1,00 gr δείγματος στο οποίο προσθέτουμε 100ml $H_2O$. Ανακατεύουμε για 1 h . Περνάμε το δείγμα από το blender για 30 sec. Φιλτράρουμε με whatman # 1 . Αν χρειαστεί κάνουμε αραιώσεις. Στα 2 ml διαλύματος του δείγματος προστίθενται 3 ml διαλύματος D.N.S και 50μl $Na_2SO_3$. 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) Σχήμα 3 και τέλος προβαίνουμε στην μέτρηση των δειγμάτων. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε μg/ml γλυκόζης

**Καμπύλη αναφοράς αναγόντων σακχάρων**




**Σχήμα 3.** *Πρότυπη καμπύλη γλυκόζης*

## 2.1.3. Μέθοδος μέτρησης ολικών σακχάρων

Ζυγίζουμε 1,00 gr δείγματος στο οποίο προσθέτουμε 100ml $H_2O$. 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 $H_2SO_4$ και αναμιγνύουμε. έως 1000 ppm). Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε μg/ml γλυκόζης.

Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιούνται σε αυτή την μέθοδο:

- 80 % w/w φαινόλη
- πυκνό $H_2SO_4$
- Standard γλυκόζης 0,1(gr/l) $H_2O$

## 2.1.4. Μέθοδος μέτρησης της αιθανόλης

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

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

- ✓ Διάλυμα 1. Με περίπου 100 ml διαλύματος το οποίο αποτελείται από : potassium diphosphate buffer με pH 9,0
- ✓ Διάλυμα 2. Με 30 ταμπλέτες , η κάθε μία από της οποίες αποτελείται από: NAD περίπου 4 mg aldehyde dehydrogenase περίπου 0,8 U
- ✓ Διάλυμα 3. Με 1,6 ml suspension, αποτελούμενο από: ADH, 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 αναφέρεται παρακάτω στον πίνακα 10 .

**Πίνακας 9.** *Μέτρηση αιθανόλης*

| Αντιδραστήρια | Τυφλό Δείγμα A1 | Δείγμα A1 sample |
|---|---|---|
| **Διαλ.2** | 3,000 ml | 3,000 ml |
| **Απιονισμένο νερό** | 0,100 ml | - |
| **Διάλ.1** | - | 0,100 ml |

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

Η αντίδραση ολοκληρώνεται με την προσθήκη του Διαλ. 3. Μετά το πέρας των 5-10 min τα διαλύματα υπόκεινται σε ανάδευση και γίνεται η μέτρηση της απορρόφησης του δείγματος (A2).

| Αντιδραστήριο | Τυφλό δείγμα | Δείγμα A2 |
|---|---|---|
| **Διάλ. 3** | 0,050 ml | 0,050ml |

Οι μαθηματικοί τύποι χρησιμοποιήθηκαν για τους υπολογισμούς είναι :

$$\Delta A = (A_2 - A_1)_{sample} - (A_2 - A_1)_{reagent\ blank}$$

$$C = \{(V \times M\ W) / \varepsilon \times d \times v \times 1000\} \times \Delta A\ [g/l$$

$$M\ W = MW_{D\text{-}glucose} - MW_{water} = 162,1$$

Όπου :

V = 2,320 ml (τελικό διάλυμα )

v = (1, 2-70) μg διάλυμα δείγματος

M W =μοριακό βάρος για το μόριο του αμύλου σε [g/ mol]

d = 1, 00 cm (light path)

ε = για τα 340 nm είναι 6,3 [ l x $mmol^{-1}$ x $cm^{-1}$ ]

Η έκφραση των αποτελεσμάτων γίνεται σε % περιεκτικότητα σε άμυλο (g αμύλου/ 100g ξηράς ουσίας.

## 2.1.5. Μέτρηση ξηρού βάρους βιομάζας με φυγοκέντριση.

Για την μέτρηση του Ξ.Β. βιομάζας των κυττάρων λαμβάνουμε 10 ml καλλιέργειας, τα οποία φυγοκεντρούνται σε 7000 rpm για 15 min. Μετά το πέρας της φυγοκέντρησης 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.

## 2.1.6. Επιλογή κατάλληλου στελέχους Saccharomyces cerevisiae

**ΜΕΘΟΔΟΣ**

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 αρχίσει 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 επιλεχθεί τα κατάλληλο στέλεχος το οποίο θα εμβολιασθεί σε υπόστρωμα κόκκων αραβοσίτου.

### 2.1.6.1 Καλλιέργεια στελεχών 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 υπόκεινται σε ανάδευση και αποστείρωση στους 121° C, 1,2 atm για 15 min. Στο διάλυμα προστίθενται οι λυοφιλισμένοι 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.

### 2.1.6.2. Εμβολιασμός σε υγρό θρεπτικό υπόστρωμα

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*
- ✓ $KH_2PO_4$ *2.0 g/l*
- ✓ $MgSO_4 \times 7H_2O$ *1.0 g/l*
- ✓ $(NH_2)_2SO_4$ *1.0 g/l*

Προστέθηκε και απιονισμένο νερό 500 ml

Ακολουθεί αποστείρωση του θρεπτικού υποστρώματος το οποίο είναι μοιρασμένο σε κωνικές Erlenmeyer. 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 μετράται η παραγόμενη αιθανόλη καθώς και η συγκέντρωση εναπομεινάντων αναγόντων σακχάρων.

### 2.1.6.3. Μέτρηση ξηρού βάρους βιομάζας με φυγοκέντριση.

Για την μέτρηση του Ξ.Β. βιομάζας των κυττάρων λαμβάνουμε 10 ml καλλιέργειας, τα οποία φυγοκεντρούνται σε 6000 rpm για 15 min. Μετά το πέρας της φυγοκέντρησης 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.

### 2.1.6.4. Μέτρηση αναγόντων σακχάρων (Miller 1959)

Για κάθε μικροοργανισμό κρίνεται απαραίτητο να μετρηθεί η ποσότητα των αναγόντων σακχάρων που απομένουν μετά την ζύμωση του θρεπτικού υποστρώματος από την ζύμη. Τα ανάγοντα σάκχαρα μετρούνται με την μέθοδο D.N.S ( Miller 1959)

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3° ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

## 3.1. Αποτελέσματα μέτρησης αναγόντων σακχάρων κάθε στελέχους

Τα αποτελέσματα των αναγόντων σακχάρων που μετρήθηκαν για κάθε στέλεχος ξεχωριστά με την χρήση της μεθόδου D.N.S καταγράφονται στον Πίνακα 11.

**Πίνακας 10.** *Μέτρηση αναγόντων σακχάρων και ξηρού* βάρους βιομάζας

| Στελέχη | Αρχικά ανάγοντα (g/l) | Τελικά ανάγοντα (g/l) | Καταναλωθέντα ανάγοντα (g/l) | Καταναλωθέντα σάκχαρα % | Ξηρό βάρος βιομάζας κυττάρων g/l |
|---|---|---|---|---|---|
| **2056** | 20 | 0.0569 | 19.95 | 99.75 | 3.21g/lt |
| **AXA2-1** | 20 | 0.0830 | 19.92 | 99.60 | 2.6 g/lt |
| **Bayanus** | 20 | 0.6877 | 19.31 | 96.55 | 1.18 g/lt |
| **FT5** | 20 | 0.0023 | 19.99 | 99.95 | 1.37 g/lt |
| **499** | 20 | 0.0275 | 19.97 | 99.85 | 1.04 g/lt |
| **500** | 20 | 0.036 | 19.98 | 99.90 | 0.97 g/lt |
| **10065** | 20 | 0.0033 | 19.99 | 99.95 | 2.58 g/lt |

Στον Πίνακα 11 καταγράφονται τα αποτελέσματα αιθανόλης που μετρήθηκαν για κάθε στέλεχος ξεχωριστά και συγκρίνονται με τα θεωρητικά αναμενόμενα αποτελέσματα.

**Πίνακας 11.** *Μέτρηση αιθανόλης συγκριτικά με τα θεωρητικά αναμενόμενα αποτελέσματα*

| Στελέχη | Αιθανόλη (g/l) | Απόδοσή Y p/s | Max Θεωρητικού % |
|---|---|---|---|
| **1)2056** | 7.62 | 0.39 | 78.96 |
| **2)AXA 2-1** | 4.19 | 0.21 | 42.06 |
| **3)Bayanus** | 8.62 | 0.44 | 89.32 |
| **4) FT5** | 6.10 | 0.30 | 61.03 |
| **5)499** | 7.74 | 0.38 | 77.55 |
| **6)500** | 7.62 | 0.38 | 76.27 |
| **7)10065** | 7.90 | 0.39 | 79.07 |

### 3.1.2. Συμπεράσματα για την επιλογή στελέχους

- 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 σακχάρων. 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 στέλεχός AXA2-1) και 0.44 ( για το στέλεχός bayanus). Οι τιμές αυτές αντιστοιχούν σε 42% του θεωρητικού (για το στέλεχος AXA2-1)και 89.32 % του θεωρητικού (για το στέλεχος bayanus).
- Η καλύτερη τιμή παραγωγής βιοαιθανόλης αποδίδεται από το στέλεχος bayanus, ενώ η χειρότερη από το AXA2-1.
- Η παραγωγή υπερβολικής βιομάζας είναι ένας ανασταλτικός παράγοντας για την παραγωγή βίο-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 των σακχάρων των κόκκων αραβοσίτου.

## 3.2. Χημική ανάλυση κόκκων αραβοσίτου

### 3.2.1. Περιεχόμενη υγρασία στους κόκκους αραβοσίτου

Οι κόκκοι αραβοσίτου αφού έγινε η άλεση κοσκινήσθηκαν σε κόσκινο Νο 10 της U.S. standard Sieve series οι κόκκοι του αραβοσίτου προστέθηκαν για ξήρανση στους 105°C μέχρι σταθερού βάρους. Μετά το πέρας της ώρας αφαιρέθηκαν και ζυγίστηκαν με παρουσία του silica gel για να μην φεύγει η υγρασία. Τα υβρίδια που αναλύονται παρακάτω καλλιεργήθηκαν στο αγρόκτημα στην περιοχή του ΤΕΙ της Καλαμάτας και προέρχονται από Αμερικάνικη ποικιλία. Τα αποτελέσματα για το κάθε δείγμα ξεχωριστά είναι να παρακάτω:

**Πίνακας 12.** *Περιεχόμενη υγρασία σε καθένα από τα δείγματα*

| ΔΕΙΓΜΑΤΑ | ΥΓΡΑΣΙΑ % |
|---|---|
| 1 | 89,00 |
| 2 | 88,80 |
| 3 | 87,80 |
| 4 | 88,70 |
| 5 | 87,50 |
| 6 | 87,20 |
| 7 | 87,16 |
| 8 | 89,63 |
| 9 | 89,12 |
| 10 | 89,63 |
| 11 | 87,54 |
| 12 | 88,36 |
| 13 | 88,21 |
| 14 | 87,63 |
| 15 | 89,52 |
| 16 | 89,61 |
| 17 | 88,26 |
| 18 | 88,98 |

### 3.2.2. Μέτρηση αναγόντων σακχάρων κόκκων αραβοσίτου

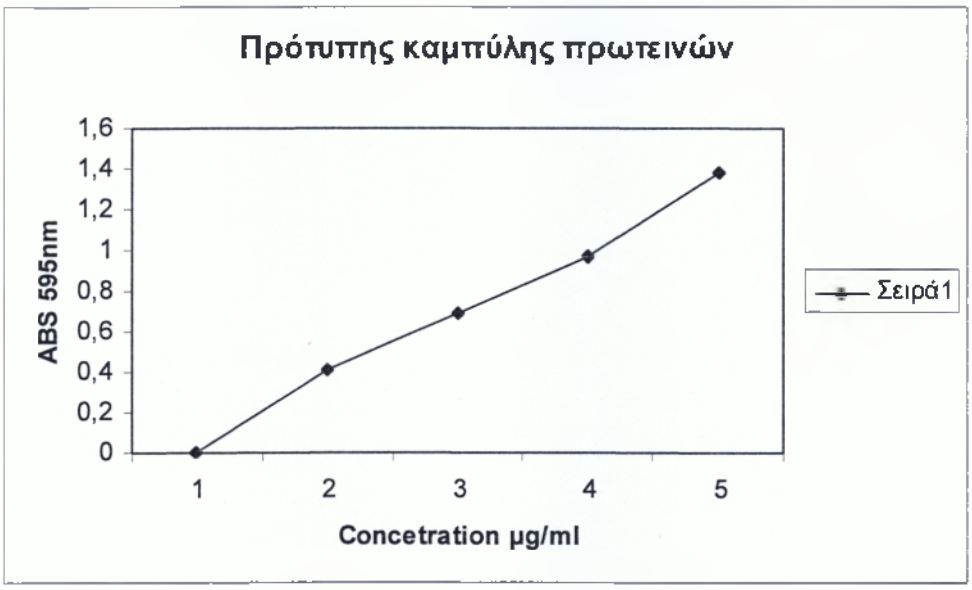
Στον Πίνακα 16 δίνονται οι συγκεντρώσεις των αναγόντων σακχάρων των κόκκων αραβοσίτου. Είναι φανερό ότι η ποσότητα αυτή είναι πολύ μικρή και ανεπαρκής και για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών και φυσικά για την παραγωγή βιοαιθανόλης. Για το λόγω αυτό είναι απαραίτητη η αρχική κατεργασία των κόκκων αραβόσιτου, με σκοπό την υδρόλυση των περιεχομένων υδατανθράκων, και την παραγωγή επαρκών ποσοτήτων αναγόντων – ζυμώσιμων σακχάρων, τα οποία θα μετατραπούν μετά από ζύμωση, σε βιοαιθανόλη.

**Πίνακας 13.** *Συγκέντρωση αναγόντων σακχάρων σε κόκκους αραβοσίτου*

| Δείγματα | Ανάγοντα Σάκχαρα g/l |
|---|---|
| **1** | 1,48 |
| **2** | 1,57 |
| **3** | 1,57 |
| **4** | 1,87 |
| **5** | 1,78 |
| **6** | 1,64 |
| **7** | 1,76 |
| **8** | 1,68 |
| **9** | 1,85 |
| **10** | 0,91 |
| **11** | 1,52 |
| **12** | 0,92 |
| **13** | 1,19 |
| **14** | 1,07 |
| **15** | 0,88 |
| **16** | 1,02 |
| **17** | 1,48 |
| **18** | 1,58 |

### 3.2.3. Προσδιορισμός συγκέντρωσης πρωτεϊνών

Έγινε άλεση και κοσκίνισμα των κόκκων αραβοσίτου με κόσκινο No 10 της U.S. standard Steve series. Για την μέτρηση των πρωτεϊνών, χρησιμοποιήθηκε το αντιδραστήριο Bio-rad protein assay standard, το οποίο αναγεννήθηκε προσθέτοντας 20ml $H_2O$. Αφού μετρήθηκε πως το standard έχει 1,38 mg πρωτεΐνης σε κάθε 1ml άρα η πρότυπη καμπύλη που φτιάχτηκε είναι μέχρι 1,4mg. Έπειτα προστέθηκε 0,1 ml από το δείγμα, το οποίο είναι ήδη διηθισμένο καθώς επίσης αραιωμένο, και 5ml από το αντιδραστήριο τοποθετώντας το υγρό σε δοκιμαστικούς σωλήνες. Αφέθηκαν για 20min και μετά μετρήθηκαν. Τα αποτελέσματα αναγράφονται στον Πίνακα 17.




**Σχήμα 4.** *Πρότυπη καμπύλη πρωτεϊνών*

**Πίνακας 14.** Προσδιορισμός συγκέντρωσης πρωτεϊνών

| ΔΕΙΓΜΑΤΑ | μg/g | g/100g |
|---|---|---|
| **1** | 2,2085 | 22,085 |
| **2** | 5,189 | 51,89 |
| **3** | 7,2553 | 72,53 |
| **4** | 7,371 | 73,71 |
| **5** | 3,523 | 35,23 |
| **6** | 3,8875 | 38,875 |
| **7** | 3,1325 | 31,325 |
| **8** | 3,0135 | 30,135 |
| **9** | 1,619 | 16,19 |
| **10** | 1,4985 | 14,985 |
| **11** | 3,191 | 31,91 |
| **12** | 3,0005 | 30,005 |
| **13** | 3,05 | 30,5 |
| **14** | 1,8815 | 18,815 |
| **15** | 3,0565 | 30,565 |
| **16** | 2,0575 | 20,575 |
| **17** | 2,102 | 21,02 |
| **18** | 2,3415 | 23,415 |

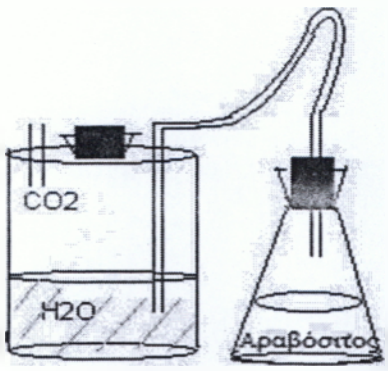
## 3.4. Χημική υδρόλυση και παραγωγή βιοαιθανόλης

Τα δείγματα αραβοσίτου αφού αλέστηκαν, κοσκινίστηκαν με κόσκινο Νο 10 της U.S. standard Steve series. Ακολούθως, τα δείγματα ξηράθηκαν στους 90oC για 18h. Από το ξηραμένο, αλεσμένο δείγμα, ζυγίστηκαν 10g και τοποθετήθηκαν σε φιάλη Erlenmeyer 250ml. Προστέθηκαν 4ml HCl και 46ml $H_2O$ με σκοπό την υδρόλυση των υδατανθράκων του αραβόσιτου. Η υδρόλυση διήρκησε 5 ημέρες σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Μετά το πέρας της υδρόλυσης ακολούθησε διόρθωση του pH με NaOH.

Έπειτα, προστέθηκαν 0,075g Peptone και 0,075g $NH_4NO_3$. Το δείγμα αποστειρώνεται για 15 λεπτά στους 121°C. Ακολουθεί εμβολιασμός με 10ml υγρή καλλιέργεια S.bayanus το οποίο έχει αναπτυχθεί σε συνθετικό θρεπτικό υπόστρωμα για 48h.

Ακολούθως, προστέθηκε η παγίδα αέρα όπως στην εικόνα 9, με προσθήκη $H_2O$, αφού πρώτα έχουν αποστειρωθεί, και τοποθετούνται σε θερμοκρασία 28oC για 4 ημέρες, με μικρή ανάδευση (50rpm).

Μετά το τέλος του απαιτούμενου χρόνου για την όξινη υδρόλυση του υποστρώματος ακολουθεί μέτρηση των αναγόντων σακχάρων που απελευθερώθηκαν (με την μέθοδο DNS).



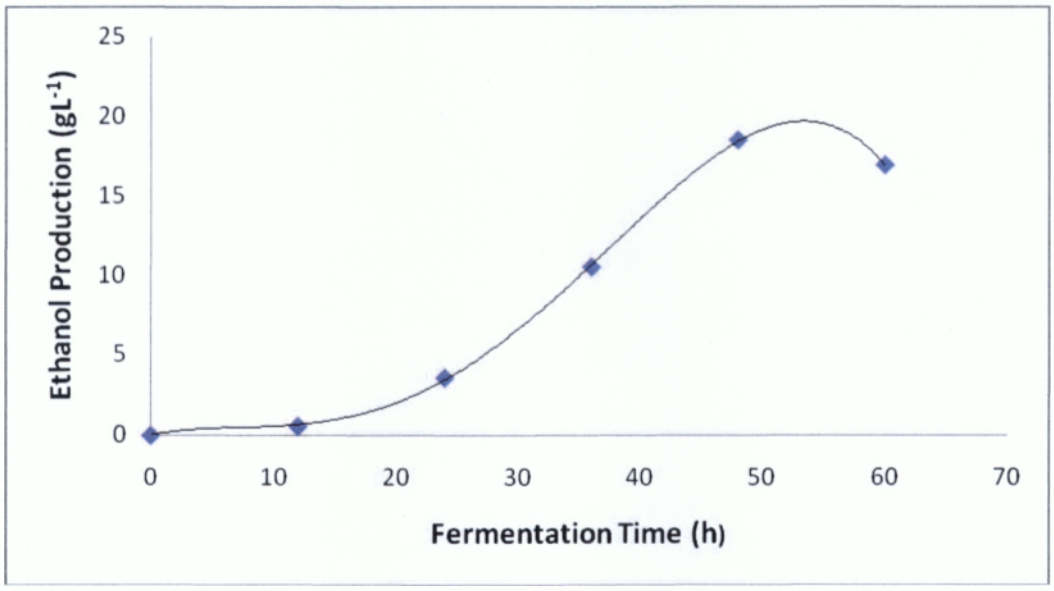

**Εικόνα 9.** *Συσκευή αναερόβιας καλλιέργειας S.bayanus σε υπόστρωμα δείγματος καλαμποκιού*

Έπειτα εμβολιάζουμε το δείγμα μας με τον μικροοργανισμό *Saccharomyces cerevisiae var. bayanus* για την αναερόβια ζύμωση.

Μετά το πέρας της ζύμωσης και κατά την διάρκεια αυτής ξαναμετράμε τα εναπομείναντα ανάγοντα σάκχαρα στο διάλυμα με την μέθοδο DNS.

Η αλγεβρική διαφορά των αναγόντων πριν και μετά την ζύμωση μας παρέχει πληροφορίες για το ποσοστό κατανάλωσης σακχάρων από τον μικροοργανισμό.

Μετά το πέρας της ζύμωσης και κατά την διάρκεια αυτής μετρήθηκε η παραγόμενη αιθανόλη.




**Εικόνα 10.** *Παραγωγή αιθανόλης (g $l^{-1}$) από τα ζυμώσιμα σάκχαρα μέσω όξινης χημικής υδρόλυσης -των υβριδίων αραβοσίτου*

Ακολουθεί ο υπολογισμός της απόδοσης μετατροπής των σακχάρων σε αλκοόλη.

Η διαδικασία μέτρησης του δείγματος αναφέρθηκε παραπάνω. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα, καθώς και των σακχάρων.

**Πίνακας 15.** *Αποτελέσματα απελευθερωμένων σακχάρων μετά την χημική υδρόλυση υβριδίων αραβοσίτου, εναπομείναντα σάκχαρα μετά την ζύμωση καθώς και καταναλωθέντα σάκχαρα*

| Δείγματα | Συγκέντρωση σακχάρων πριν την αρχή της ζύμωσης g/l | Συγκέντρωση σακχάρων μετά το τέλος ζύμωσης g/l | Καταναλωθέντα σάκχαρα g/l |
|---|---|---|---|
| **1** | 42,19 | 4,57 | 37,62 |
| **2** | 42,66 | 4,91 | 37,75 |
| **3** | 38,52 | 4,86 | 33,66 |
| **4** | 42,25 | 4,53 | 37,72 |
| **5** | 52,86 | 4,94 | 47,92 |
| **6** | 38,01 | 4,71 | 33,29 |
| **7** | 47,77 | 5,27 | 42,5 |
| **8** | 41,77 | 4,56 | 37,21 |
| **9** | 44,81 | 4,27 | 40,54 |
| **10** | 35,72 | 2,98 | 32,74 |
| **11** | 57,91 | 4,09 | 53,82 |
| **12** | 61,32 | 4,58 | 56,74 |
| **13** | 44,74 | 4,96 | 39,77 |
| **14** | 51,91 | 3,86 | 48,04 |
| **15** | 43,51 | 4,24 | 39,27 |
| **16** | 49,74 | 4,71 | 45,03 |
| **17** | 51,44 | 3,4 | 48,04 |
| **18** | 61,56 | 5,84 | 55,72 |

**Πίνακας 16.** *Αποτελέσματα από παραγωγή αιθανόλης, απόδοση της καθώς και επί της εκατό μέγιστης θεωρητικής έπειτα από ζύμωση διαφόρων υβριδίων καλαμποκιού από τον ζυμομύκητα S. cerevisiae* var. *bayanus*

| Δείγματα | Αιθανόλη g/l | Απόδοση P/S | %max Θεωρητικής |
|---|---|---|---|
| **1** | 16,53 | 0,439 | 87,89 |
| **2** | 17,48 | 0,463 | 92,62 |
| **3** | 15,71 | 0,467 | 93,37 |
| **4** | 16,51 | 0,438 | 87,54 |
| **5** | 21,13 | 0,441 | 88,18 |
| **6** | 13,68 | 0,411 | 82,16 |
| **7** | 19,34 | 0,455 | 91,03 |
| **8** | 17,34 | 0,466 | 93,19 |
| **9** | 18,1 | 0,447 | 89,31 |
| **10** | 14,91 | 0,455 | 91,08 |
| **11** | 24,78 | 0,46 | 92,08 |
| **12** | 24,71 | 0,435 | 87,1 |
| **13** | 17,45 | 0,439 | 87,75 |
| **14** | 21,02 | 0,438 | 87,51 |
| **15** | 17,85 | 0,455 | 90,9 |
| **16** | 19,6 | 0,435 | 87,03 |
| **17** | 21,65 | 0,451 | 90,15 |
| **18** | 25,46 | 0,457 | 91,39 |

### 3.4.1. Παρατηρήσεις όξινης υδρόλυσης

- Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να τονίσουμε πως για να επιτευχθούν αναερόβιες συνθήκες αντιμετωπίσαμε με ιδιαίτερη επιμέλεια την διάταξη της αναερόβιας ανάπτυξης.
- Στην συνέχεια, η συσκευή τίθεται υπό ανάδευση και θερμοκρασία 30° C όση δηλαδή χρειάζεται να επωαστεί και να αρχίσει να αναπτύσσεται το στέλεχος που εμβολιάσαμε. Η θερμοκρασία επιδρά στον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης των μικροοργανισμών, στα συστατικά του υποστρώματος, στη σύνθεση της βιομάζας και στο σχηματισμό του προϊόντος. Ένας από τους παράγοντες της δράσης της βιομάζας οφείλεται στην επίδραση της θερμοκρασίας στην ειδική δραστηριότητα των ενζύμων.
- Το αν τελικά έχει παραχθεί αιθανόλη, φαίνεται ακόμα και πριν από την μέτρηση. Αρκεί να παρατηρήσει κανείς την ύπαρξη φυσαλίδων οι οποίες οφείλονται στην παραγωγή CO2 που ελευθερώνουν τα στελέχη κατά την διαδικασία της αναπνοής. Αυτό συμβαίνει αμέσως μόλις καταναλωθεί το είδη υπάρχων οξυγόνο στην διάταξη από τα στελέχη και αρχίζουν να μεταβολίζουν τα σάκχαρα μετατρέποντας το 50% σε αιθανόλη.

### 3.4.2. Μέτρηση βάρους μικροοργανισμών που προστέθηκαν στο δείγμα

Μικροοργανισμοί που απέμειναν μετά την προσθήκη και παραμονή με αιθανόλη. Σε κάθε δείγμα αραβοσίτου προστέθηκαν 10 ml από εμβολιασμένο *S.C. Bayanus* . Αφού έγινε ξήρανση στους 60ºC για 24h μετρήθηκε το βάρος και τα αποτελέσματα αναγράφονται παρακάτω.

**Πίνακας 16.** Μέτρηση ξηρού βάρους μικροοργανισμών

| | |
|---|---|
| **1** | 0,0254 |
| **2** | 0,0365 |
| **3** | 0,0157 |
| **4** | 0,0315 |
| **5** | 0,023 |
| **6** | 0,0232 |
| **7** | 0,0217 |
| **8** | 0,0285 |
| **9** | 0,0301 |
| **10** | 0,04 |
| **11** | 0,0338 |
| **12** | 0,0394 |
| **13** | 0,0508 |
| **14** | 0,0795 |
| **15** | 1,4439 |
| **16** | 1,3895 |
| **17** | 1,3627 |
| **18** | 1,5089 |

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4° Συμπεράσματα – Προοπτικές

## 4.1. Συμπεράσματα

Η χημική υδρόλυση είναι κατά μεγάλο ποσοστό μια αποδοτική μέθοδος παραγωγής αιθανόλης από κόκκους αραβοσίτου από τους οποίους σύμφωνα με τα αποτελέσματα παράγεται ένα πολύ ικανοποιητικό ποσοστό αιθανόλης σε σχέση με άλλα αποτελέσματα που έχουν παρουσιαστεί. Το καλαμπόκι σαν βιομάζα έχει από υψηλότερη αποδοτικότητα που έχουν δώσει άλλοτε άλλα υβρίδια κα σπόρους καθώς και απόβλητα. Σε ένα μεγάλο ποσοστό των κόκκων που χρησιμοποιήσαμε είχε απόδοση μέχρι και 93,37 της επί της εκατό maximum θεωρητικής. Και αυτό διότι των μεγάλων ποσοστών των σακχάρων που εμπεριέχει ο αραβόσιτος (50% αρχικά σάκχαρα).

- **Επιλογή αποδοτικότερου στελέχους**

Από τα στελέχη του ζυμομύκητα *S. cerevisiae* που δοκιμάστηκαν, όλα είχαν την δυνατότητα να μεταβολίσουν τα διαθέσιμα ανάγοντα σάκχαρα σχεδόν πλήρως.

Τα περισσότερα από αυτά είχαν την δυνατότητα υψηλής παραγωγής αιθανόλης. Την μεγαλύτερη παραγωγή αιθανόλης την έδωσε το bayanus 7,90 g/l με απόδοση 0,44 η οποία αντιστοιχεί σε 89.32 % της μέγιστης θεωρητικής.

Ενώ την μικρότερη παραγωγή αιθανόλης την έδωσε το AXA2-1 (4,19 g/l με απόδοση 0,21 η οποία αντιστοιχεί σε 4% της μέγιστης θεωρητικής.

Γι αυτό το λόγο επιλέχθηκε το στέλεχος bayanus για την παραγωγή αιθανόλης από υβρίδια αραβοσίτου.

- **Χημική υδρόλυση καθώς και παραγωγή αιθανόλης**

Η χημική υδρόλυση είναι μια αποδοτική μέθοδος παραγωγής αιθανόλης από κόκκους αραβοσίτου που δοκιμάστηκε σε διάφορες ποικιλίες αραβοσίτου διότι μπορούσαμε από αυτήν να μετρήσουμε τους υδατάνθρακες καθώς και την αιθανόλη με προσθήκη κάποιων μικροοργανισμών. Χρησιμοποιήσαμε και θειικό οξύ αλλά δεν ήταν τόσο αποδοτικά τα αποτελέσματα από ότι έδωσε το υδροχλωρικό οξύ και έτσι δεν παρουσιάστηκαν.

Κατά τη διάρκεια της όξινης υδρόλυσης των κόκκων αραβόσιτου με HCl η παραγωγή αναγόντων – ζυμώσιμων σακχάρων ανήλθε από 35 - 38 g/l για τα υβρίδια 10, 3 και 6, μέχρι και 61 g/l για τα υβρίδια 12 και 18.

Παρατηρούμε δηλαδή, μεγάλη αύξηση των αναγόντων σακχάρων μετά την χημική υδρόλυση. Με αυτές τις ποσότητες αναμένουμε μεγάλη παραγωγή βιοαιθανόλης μετά την ζύμωση με τον *S. cereviciae var. bayanus*

Μετά το τέλος της ζύμωσης, τα εναπομείναντα ανάγοντα σάκχαρα ήταν περίπου 4 g/l. Παρατηρούμαι δηλαδή, ότι κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, η κατανάλωση των διαθέσιμων σακχάρων ήταν αρκετά υψηλή και κυμάνθηκε περίπου στο 90%. Από αυτά τα μισά περίπου χρησιμοποιούνται για τις ενεργειακές ανάγκες των μικροοργανισμών, όπως και για την αναπαραγωγή τους, Ενώ το υπόλοιπο 50% για την παραγωγή βιοαιθανόλης.

Όπως ήταν αναμενόμενο, η παραγωγή της βιοαιθανόλης ήταν αρκετά υψηλή και κυμάνθηκε από περίπου 14 g/l για τα υβρίδια 6 και 10, και μέχρι 25 g/l για τα υβρίδια 11,12 και 18.

Τα υβρίδια 12 και 18 ήταν αυτά με την υψηλότερη παραγωγή βιοαιθανόλης, 24,71 και 25,46 g/l αντίστοιχα. Η απόδοση της παραγωγής βιοαιθανόλης ήταν 0,435 και 0,457 αντίστοιχα που αντιστοιχούν στο 87 και 91% της μέγιστης θεωρητικής. Εδώ πρέπει να

επισημάνουμε ότι τα δυο αυτά υβρίδια ήταν αυτά στα οποία είχαμε την μεγαλύτερη απελευθέρωση αναγόντων σακχάρων κατά τη διάρκεια της όξινης υδρόλυσης με HCl.

Η παραγωγή της βιοαιθανόλης σε όλα τα υβρίδια αντιστοιχεί περίπου στο 90% της μέγιστης θεωρητικής. Το γεγονός αυτό δείχνει την δυνατότητα του μικροοργανισμού να μεταβολίζει αποτελεσματικά τα διαθέσιμα ανάγοντα σάκχαρα προς αιθανόλη.

Η συγκέντρωση των πρωτεϊνών όπως αναλύθηκαν με την μέθοδο Bio-rad έφθασε περίπου στο 30 g/l που είναι πολύ ικανοποιητικό ποσοστό σε σχέση με άλλα αποτελέσματα που είχαν αναφερθεί σε άλλες έρευνες.

## 4.2. Προοπτικές

Οι στόχοι του οράματος μπορούν να ικανοποιηθούν από το στρατηγικό σχέδιο έρευνας, όπως καθορίστηκε στο σχέδιο αναφοράς για τα βιοκαύσιμα και παρέχουν βαθιά γνώση και καθοδήγηση σε ζητήματα αειφορίας.

Η επίτευξη του οράματος μπορεί να πραγματοποιηθεί με την προώθηση της αντικατάστασης ενός σημαντικού μέρους των καυσίμων από βιοκαύσιμα μέχρι το 2010, με τρόπο οικονομικά βιώσιμο και αειφορικό.

Ο στόχος τους είναι να ενισχύσει τους αρμόδιους φορείς να καθοδηγηθούνε από εθνικά και ιδιωτικά προγράμματα.

Μέχρι το 2013 αλλά και το 2020 προτείνονται κάποιοι στόχοι οι οποίοι αναφέρονται παρακάτω:

**2013:**

- ✓ Έρευνα και βελτιστοποίηση των συνθηκών αποθήκευσης πρώτης ύλης
- ✓ Διερεύνηση όλων των δυνατοτήτων μηχανικής προκατεργασίας (άλεσης κ.λ.π.)
- ✓ Θερμο-μηχανικές προκατεργασίες με κριτήρια το οικονομικό και ενεργειακό κόστος, την απόδοση σε ζυμώσιμους υδατάνθρακες και την ανάπτυξη διεργασιών βιοδιυλιστηρίου
- ✓ Μικροβιακή παραγωγή αποτελεσματικού συστήματος κυτταρινολυτικών – ημικυτταρινολυτικών ενζύμων και επιπλέον λιγνοκυτταρινολυτικών ενζύμων (εξειδίκευση ανάλογα με την πρώτη ύλη)
- ✓ Παραγωγή μικροβιακών στελεχών που να παράγουν βιοαιθανόλη από πεντόζες (αξιοποίηση ημικυτταρινών)
- ✓ Παραγωγή μικροβιακών στελεχών ανθεκτικών στη θερμοκρασία και την υψηλή συγκέντρωση σακχάρων
- ✓ Ανάπτυξη εργαλείων μεταβολικού ελέγχου
- ✓ Παραγωγή μικροβιακών στελεχών που να συνδυάζουν υδρολυτική ικανότητα σε κυτταρίνη και ημικυτταρίνη (παραγωγή συστήματος κυτταρινασών και ημικυτταρινασών) και συμμεταβολισμό μεγάλου εύρους σακχάρων (πεντόζες, εξόζες)
- ✓ Ανάπτυξη και υιοθέτηση νέων και πιο αποτελεσματικών τεχνολογιών βιομετατροπής π.χ. ζύμωση με τη χρήση εξειδικευμένων στελεχών μικροοργανισμών παραγωγής βιοαιθανόλης (δύο σταδίων – ενζυμική υδρόλυση σακχάρων κι παραγωγή βιοαιθανόλης) πάνω στα λιγνοκυτταρινούχα αγροτικά κατάλοιπα και υποπροϊόντα, ενοποίηση διεργασιών ζύμωσης και διαχωρισμού βιοαιθανόλης (εφαρμογή τεχνολογιών μεμβρανών), κ.λ.π.

**2020:**

- ✓ Αξιοποίηση παραπροϊόντων με σκοπό την προώθηση της ανάπτυξης βιοδιυλιστηρίου
- ✓ Ανάπτυξη ενοποιημένης διεργασίας παραγωγής ενζύμων, υδρόλυσης και ζύμωσης με χρήση μικροβιακών στελεχών που να συνδυάζουν υδρολυτική ικανότητα σε κυτταρίνη και ημικυτταρίνη και συμμεταβολισμό μεγάλου εύρους σακχάρων προς αιθανόλη
- ✓ Ανάπτυξη διεργασιών βιομετατροπής ημιδιαλείποντος και συνεχούς έργου
- ✓ Διερεύνηση αποτελεσματικότητας νέων τεχνολογιών που να συμβάλλουν παράλληλα στην περαιτέρω μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου
- ✓ Διερεύνηση τεχνολογιών περαιτέρω μετατροπής της αιθανόλης σε παράγωγα συμβατά με καύσιμα μηχανών ντίζελ

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ


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

- ✓ 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, UA, USA

- ✓ Ballesteros I., Oliva J.M., Saez G., and Ballesteros M., (2001). Ethanol production from lignocellulosic by products of olive oil extraction. Applied Biochemistry and Biotechnology 91-93, 237-252

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

- ✓ Bothast, R. J., M.A., (2005). Biotechnological process for conversion of corn into ethanol. Applied Microbiology and Biotechnology 67, 19-25

- ✓ Camacho – Ruiz L., Perez – Guerra N., and Roses RP (2003). Factors affecting the growth of Saccharomyces cerevisiae in batch culture and in solid sate fermentation. Election J. Envirom Agriculture Food Chemistry 2CS): 531-542

- ✓ Christou, M., Alexopoulou, E., and M. Markidis, 2000a : "Propagation material and plant desity effects on the Arundo

Donax yields". In Kyritsis, S., Beenackers, A.A.C.M., Helm, P., Grassi, A. and D. Chiaramonti, D. (Eds.), Proceedings of the 1est World Conference on Biomass for Energy and Industry, Seville, Spain, 5-9/6/2000. James &Jame Ltp, pp. 1622-162

- ✓ Christou, M., Alexopoulou, E., and M. Markidis, 2000b : "Giant Reed (Arundo donax L.) Network Improvement, Productivity and Biomass Quality". In Kyritsis, S., Beenackers, A.A.C.M, Helm, P., Grassi, A. and D. Chiaramonti, D. (Eds.), Proceedings of the 1est World Conference on Biomass for Energy and Industry, Seville, Spain, 5-9/6/2000. James & James Ltd, pp. 1803-1806

- ✓ Christou, M., Alexopoulou, E., Chatziathanassiou, A, ana D. Papavassilou. 1999. "Miscanthus growing experience in Greece". 6th Symposium on Renewable Resources and 4th European Symposium on Industrial Crops and Products, pp.356-367

- ✓ Christou, M., Papavassilou, D., Alexopoulou, E., and A. Chatziathanassiou, 1998: "Comparative of two potential energy crops in Greece". In "Biomass for Energy and Industry". Proc. 10th European. End. Chartier et. Al., C.A.R.M.E.N. Press. Germany. Pp. 935-938

- ✓ Dalianis C. and N. Djouras, 1997. Improvement of eucalypts management. An integrated approach" breeding, sylviculture and economics. Final Report of AIR2-CT93-1678, DG XII, CRES.

- ✓ Dalianis, C., Panoutsou, C., and N. Dercas, 1996 : :Spanish Thistle Artichoke, Cynara cardunculus L., under Greek Conditions". In "Biomass for energy and Environment". Proc. 9th European Bioenergy Conference. Ed. Chartier et. Al., Pergamon Press U.K. pp. 663-668

- ✓ Ergun M., Multy SF (2000). Application of a statistical technique to the production of ethanol from sugar beet molasses by Saccharomyces cerevisiae Bioresour Technology 73: 251-255

- ✓ Israilides C.J., Smith A., Scanlon B. and Barnett C., (1999). Pullulan from agroindustrial wastes. Biotechnology and genetic Engineering Reviews, 16, 309-329
- ✓ Kadam KL., McMillan JD (2003). Availability of corn stover as a sustainable feed stock for bioethanol production Bioresour Technology 18: 17-25
- ✓ Majonic L., Nicoli K.S., RaKin M., and Vukasinovic M., (2006). Production of bioethanol from corn meal hydrolyzation fuel 85, 1750-1755
- ✓ Tampien M., Smith D., Bibeaw E. and Beawchemin P.A. (2004). Identifying environmentally preferable uses for biomass, resources.
- ✓ Todor D., Tsanka UD. (2002), Influence of the growth conditions on the resistance of Saccharomyces cerevisiae strain NBI MCC 181, by freeze-drying J. Cult Collect 3: 72-77
- ✓ Wooley R., Ruth M., Classner D., and Sheehan J. (1999), Process design and costing of bioethanol technology: a tool for determining the status and direction of research and development. Biotechnology Proy 15. 794-803
- ✓ Zhang Y, Henson M.A., 2001, Bifurcation analysis of continuous biochemical reaction models, Biotechnology Progress 17: 647-660

✓ **ΕΛΛΗΝΙΚΗ**

✓ Βαρζάκας, Θ. (2007). Βιβλίο θεωρίας- εργαστηρίου, Τμήματος τεχνολογίας γεωργικών προϊόντων. ΤΕΙ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

✓ Γεωργάτσου Γ. Θεσσαλονίκη, Βιοχημεία 3η έκδοση, 1980

✓ ΕΘΙΑΓΕ: Ινστιτούτο Σιτηρών Θεσσαλονίκης

✓ Εθνική Στατιστική υπηρεσία Ελλάδος (ΕΣΥΕ) - 2002, Αθήνα, Ελλάδα

✓ Καραμάνος, Α., Αραβόσιτος (Βοτανική – Οικολογία για καλλιέργεια), Γεωπονική σχολή Αθηνών, Αθήνα 1983

✓ Καραμουσαντάς Δ., Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΗΠΕΣ Μορφές ενέργειας) ΤΕΙ Καλαμάτας, Τμήματος θερμοκηπιακών καλλιεργειών ανθοκομίας, Καλαμάτα 2001.

✓ Νικολάου, Α., Ναματοβ., Ε., Καβαδάκης., Γ., Τσιώτας., Κ., Πανούτσου, Κ., και Ν.Δαναλάτος, 2000: «Αξιολόγηση της ανάπτυξης και παραγωγικότητας οκτώ γενοτύπων σόργου για παραγωγή βιομάζας και ενέργειας». Βόλος. Δεύτερο Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής.

✓ Οικονόμου Δ., ΣΤΕΤΡΟΔ., Αρχές βιοτεχνολογίας τροφίμων, ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΤΕΙ Αθήνας, 1987

✓ Οικονόμου, Λεωνίδας Π. Σημειώσεις Ειδικής Γεωργίας Ι (Σιτηρά): Τμήματος ΤΕΓΕΠ, ΤΕΙ Καλαμάτας, Καλαμάτα 2008

✓ Τεχνολογική Πλατφόρμας Βιοκαυσίμων: Π.Π.Κ Θεσσαλία Οκτώβριος 2008. Στρατηγικό σχέδιο και έρευνας και Στρατηγικό Σχέδιο Εφαρμογής Τεχνολογίας,

✓ Υπουργείο Ανάπτυξης, Ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή υγρών και στερεών καυσίμων στην Ελλάδα. 2006

- ✓ Υπουργείο Ανάπτυξης: 1η Έκθεση για το μακροχρόνιο Ενεργειακό Σχεδιασμό της Ελλάδας, 2008-2020, Μέρος 1, Αύγουστος 2007

- ✓ http://bioenergy.ornl.gov/
- ✓ http://el.wikipedia.org
- ✓ http://www.ceo.org
- ✓ http://www.fere.com
- ✓ www.blogs.princetindu/.../ethanol%20Cantoon.gif
- ✓ www.cordis.lu/euro.com
- ✓ www.faostat.fao.org/default.aspx
- ✓ www.moa.gov.cy
- ✓ www.navem.co.do
- ✓ www.cleanairnet.org/infopool/1411/articles-35619_bio_ethanol.pdf
- ✓ www.engineering-intelligent.gr/el/normal/sid/60/seminar.aspx
- ✓ www.sciencedirext.com