

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**



**ΧΡΗΣΗ ΦΥΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΑΠΑΪΩΑΝΝΟΥ ΑΘΗΝΑΣ

A/M: 3/03

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΘ. ΠΑΛΑΤΟΣ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2013

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ**

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

**Η ΥΠΟΒΟΛΗ ΤΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ ΑΠΟΤΕΛΕΙ ΜΕΡΟΣ ΤΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ
ΔΙΟΝΟΜΗ ΤΟΥ ΠΤΥΧΙΟΥ ΣΤΟ ΤΜΗΜΑ Φ.Π. ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΤΟΥ
ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟΥ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**

**ΧΡΗΣΗ ΦΥΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΑΠΑΪΩΑΝΝΟΥ ΑΘΗΝΑΣ

A/M: 3/03

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΘ. ΠΑΛΑΤΟΣ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2013

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε την περίοδο από τον Ιανουάριο του 2013 μέχρι και τον Ιούνιο του 2013.

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέπων και καθηγητή μου κύριο Γεώργιο Παλάτο για τις πολύ χρήσιμες πληροφορίες και συμβουλές του και τη συνέπειά του.

Επίσης επιθυμώ να ευχαριστήσω τον πατέρα και τη μητέρα μου για την αμέριστη συμπαράστασή τους τόσο ηθική όσο και χρηματική και τους ανθρώπους που ήταν κοντά μου σε όλη αυτή την προσπάθεια.

Θεσσαλονίκη, Οκτώβριος 2013

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΜΗΣΕΩΝ

Tg	=	Terragram, Τερραγραμμάριο
GL	=	Gigalitres, Γιγαλίτρα
Twh	=	Terrawatthour
PJ	=	Picojoule
DDGS	=	Dried Distillers Grains with Soluble
WDGS	=	Wet Distillers Grains with Soluble
E85fuel	=	μείγμα καυσίμου με αναλογία αιθανόλης/βενζίνης 85/15

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
2	ΒΙΟΜΑΖΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ	3
2.1	ΒΙΟΜΑΖΑ	4
2.1.1	Πηγές προέλευσης της Βιομάζας	5
2.1.2	Από την υλοτομία και τη βιομηχανία επεξεργασίας ξύλου	5
2.1.3	Από τις γεωργικές δραστηριότητες	5
2.1.4	Από τις κτηνοτροφικές δραστηριότητες.....	6
2.1.5	Από τη βιομηχανία παραγωγής τροφίμων.....	6
2.2	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	7
2.3	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	8
2.4	ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	8
2.4.1	Τεχνολογίες παραγωγής βιοενέργειας.....	9
2.4.2	Θερμικές Διεργασίες	9
2.4.3	Χημικές Διεργασίες.....	9
2.4.4	Βιολογικές Διεργασίες.....	10
3	ΤΑ ΣΙΤΗΡΑ ΩΣ ΠΗΓΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	11
3.1	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ	12
3.1.1	Μετατροπή Αμύλου (Grinding and Cooking).....	13
3.1.2	Σακχαροποίηση (Saccharification).....	13
3.1.3	Ζύμωση (Fermentation).....	13
3.1.4	Απόσταξη και Αφυδάτωση (Distillation and Dehydration)	15
3.1.5	Διαδικασία της Βινάσσας (Stillage Processing).....	15
3.2	ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ(ΣΙΤΗΡΑ).....	16
3.2.1	Καλαμπόκι.....	16
3.2.2	Κριθάρι	19
3.2.3	Βρώμη.....	21
3.2.4	Ρυζί	23
3.2.5	Σιτάρι.....	25
3.2.6	Σοργο	27
4	Βιβλιογραφία.....	30

ΧΡΗΣΗ ΦΥΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΠΑΠΑΪΩΑΝΝΟΥ ΑΘΗΝΑ

Αλεξανδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης

**Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας και Τεχνολογίας Τροφίμων και
Διατροφής, Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων, Κατεύθυνση Φυτικής
Παραγωγής**

Στα πλαίσια της άμεσης ανάγκης για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στη σημερινή εποχή στην παρούσα πτυχιακή διατριβή εξετάζουμε την παραγωγή ενέργειας από υπολείμματα βιολογικής προέλευσης (βιομάζα). Εξειδικευμένα αναλύονται σιτηρά, ως πηγή άμεσα αξιοποιήσιμη.

Αρχικά παρατίθενται γενικές πληροφορίες για τις πηγές από τις οποίες μπορούμε να εκμαιεύσουμε βιομάζα καθώς και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που έχει η συγκεκριμένη επιλογή σύμφωνα με τις δυνατότητες που έχουμε σήμερα.

Εν συνεχεία καταγράφονται οι τεχνολογίες παραγωγής βιοενέργειας, οι οποίες διακρίνονται σύμφωνα με την διεργασία που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία της βιομάζας προκειμένου να προκύψει αξιοποιήσιμη βιοενέργεια.

Ακολούθως, εξετάζεται η πιθανή αξιοποίηση συγκεκριμένων ανοιζιάτικων και χειμερινών σιτηρών ως πηγή βιομάζας από την οποία μπορεί να προκύψει βιοαιθανόλη. Ξεκινώντας παραθέτουμε τους διαθέσιμους τρόπους επεξεργασίας των σιτηρών, με μεγαλύτερο βάρος στην ξηρή άλεση που είναι και πλέον διαδεδομένη. Αναπτύσσουμε λεπτομερώς 6 σιτηρά σαν πηγή βιομάζας. Τα αναλύουμε με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους και χρησιμοποιούμε τα στατιστικά της παραγωγής τους σε παγκόσμιο επίπεδο προκειμένου να εκτιμηθεί τελικά κατά πόσον υπάρχει η δυνατότητα να τα εκμεταλλευτούμε σαν πηγή προέλευσης βιοαιθανόλης, κατά βάση σύμφωνα με τη διαθεσιμότητα και τα ανάλογα πλεονεκτήματα τους.

USAGE OF ORGANIC WASTE FOR ALTERNATIVE ENERGY PRODUCTION

PAPAIOANNOU ATHINA

Alexandrio Technological Institute of Thessaloniki, School of
Technological Agriculture and Food and Nutrition Technology,
Department of Agriculture

In the context of today's urgent need for renewable energy sources, we examine in this graduate theses, on theoretical basis, energy production, utilizing residues and wastes from organic sources (biomass). In particular we study various grains as an easily exploitable source of biomass.

We introduce some basic information regarding the available sources of biomass, and their respective advantages and disadvantages in terms of the potential energy production with today's technology.

Consequently we document the available bioenergy production technology, which is categorized by the process each one uses for the conversion of biomass to energy.

Subsequently we examine the possible use of certain winter and spring grains as a source of biomass, from which we can derive bioethanol. We begin by setting out the available processing methods of grains, with dry milling being the most commonly used. We present in depth analysis of 6 particular grains as a source of biomass. Their basic characteristics are explained and statistical records of global production are listed in detail in order to appreciate the opportunities of them being used as a bioethanol source, given their availability and respective advantages.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα εφόδια της βιώσιμης ενέργειας είναι μια από τις κυριότερες προκλήσεις που η ανθρωπότητα θα αντιμετωπίσει τις επόμενες δεκαετίες, περισσότερο για την ανάγκη της αντιμετώπισης του φαινομένου της αλλαγής του κλίματος. Η συμβολή της βιομάζας μπορεί να είναι καθοριστική στην παραγωγή της ενέργειας στο μέλλον. Προς το παρόν είναι ο μεγαλύτερος εισφορέας ανανεώσιμης ενέργειας και έχει τη δυνατότητα για ανάπτυξη της παραγωγής θερμότητας και καυσίμων για συγκοινωνία.

Η εργασία αυτή παρέχει πληροφορίες για τις δυνατότητες της βιοενέργειας και συγκεκριμένα αυτής που προέρχεται από την επεξεργασία των υπολειμμάτων των σιτηρών, τις διαδικασίες για την παραγωγή αυτής και τα συμπεράσματα για μελλοντική χρήση της.

2 ΒΙΟΜΑΖΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η βιομάζα είναι η πιο παλιά και διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Ο πρωτόγονος άνθρωπος, για να ζεσταθεί και να μαγειρέψει, χρησιμοποίησε την ενέργεια (θερμότητα) που προερχόταν από την καύση των ξύλων, που είναι ένα είδος βιομάζας. Αλλά και μέχρι σήμερα, κυρίως οι αγροτικοί πληθυσμοί, τόσο της Αφρικής, της Ινδίας και της Λατινικής Αμερικής, όσο και της Ευρώπης, για να ζεσταθούν, να μαγειρέψουν και να φωτιστούν χρησιμοποιούν ξύλα, φυτικά υπολείμματα (άχυρα, πριονίδια, άχρηστους καρπούς ή κουκούτσια κ.ά.) και ζωικά απόβλητα (κοπριά, λίπος ζώων, άχρηστα αλιεύματα κ.ά.).

Όλα τα παραπάνω υλικά, που άμεσα ή έμμεσα προέρχονται από το φυτικό κόσμο, αλλά και τα υγρά απόβλητα και το μεγαλύτερο μέρος από τα αστικά απορρίμματα (υπολείμματα τροφών, χαρτί κ.ά.) των πόλεων και των βιομηχανιών, μπορούμε να τα μετατρέψουμε σε ενέργεια.

2.1 ΒΙΟΜΑΖΑ

Βιομάζα είναι το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των προϊόντων, αποβλήτων και υπολειμμάτων που προέρχονται από τη γεωργία, (συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και των ζωικών ουσιών), τη δασοκομία και τις συναφείς βιομηχανίες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων, όπως ορίζει η ΟΔΗΓΙΑ 2001/77/ΕΚ.

Ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Πρακτικά περιλαμβάνεται σε αυτήν οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από τον φυτικό κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, με τον όρο βιομάζα εννοούμε τα φυτικά και δασικά υπολείμματα (καυσόξυλα, κλαδοδέματα, άχυρα, πριονίδια, ελαιοπυρήνες, κουκούτσια), τα ζωικά απόβλητα (κοπριά, άχρηστα αλιεύματα), τα φυτά που καλλιεργούνται στις ενεργειακές φυτείες για να χρησιμοποιηθούν ως πηγή ενέργειας, καθώς επίσης και τα αστικά απορρίμματα και τα υπολείμματα της βιομηχανίας τροφίμων, της αγροτικής βιομηχανίας και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των αστικών απορριμμάτων.

Εξ ορισμού της η βιομάζα συμπεριλαμβάνει πολύ μεγάλη πληθώρα διαφορετικών μεταξύ τους υλικών, όπως είναι τα ενεργειακά φυτά (μίσχανθος, ελαιοκράμβη, καλαμπόκι, κέναφ, σόργο, αγριαγκινάρα κ.α.), το ξύλο σε όλες του τις μορφές (απόβλητη ξυλεία, πριονίδι, κλαδέματα κ.α.), τα αγροτικά υποπροϊόντα (κλαδιά, άχυρο, πυρηνόξυλο, κ.α.), τα κτηνοτροφικά απόβλητα, τα οργανικά βιομηχανικά απόβλητα (τυρόγαλα, απόβλητα σφαγείων, κατσίγαρος κ.α.), τα απόβλητα τροφίμων (υπολείμματα τροφών, παραπροϊόντα βιομηχανικών διεργασιών, λίπη, λάδια κ.ά)

2.1.1 Πηγές προέλευσης της Βιομάζας

Οι πηγές προέλευσης της βιομάζας ποικίλλουν - κάθε οργανικό υλικό φυσικής προέλευσης μπορεί να θεωρηθεί βιομάζα.

Στις πρώτες ύλες βιομάζας λογίζονται π.χ. η ζωϊκή κοπριά και το άχυρο, το χαρτί και τα απόβλητα του, τα απόβλητα σφαγείων, τα οργανικά απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων (π.χ. τυρόγαλα, κατσίγαρος), τα απόβλητα φυτικά λάδια και τα υπολείμματα τροφίμων και μπορούν να χρησιμοποιηθούν με διαφορετικούς τρόπους σε διαφορετικά συστήματα βιοενέργειας για την παραγωγή ενέργειας, θερμότητας και καυσίμων κίνησης.

2.1.2 Από την υλοτομία και τη βιομηχανία επεξεργασίας ξύλου

Τα ξυλώδη υπολείμματα που λαμβάνονται από την επεξεργασία του ξύλου (πριονίδι, ροκανίδι, θρύμματα ξύλου, κλπ.), καθώς και υπολείμματα ξυλείας που παράγονται κατά την υλοτόμηση των δέντρων και είναι ακατάλληλα για περαιτέρω επεξεργασία, μπορούν να χρησιμοποιηθούν με διαφορετικούς τρόπους για την παραγωγή βιοενέργειας, είτε για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος ή για να καλύψει ανάγκες θέρμανσης. Έτσι, όταν αναφερόμαστε στο ξύλο ως ανανεώσιμο καύσιμο δεν εννοούμε, φυσικά, την αλόγιστη υλοτόμηση των δασών, αλλά την ενεργειακή αξιοποίηση παραπροϊόντων ξύλου, τα οποία παραμένουν, συνήθως, ανεκμετάλλευτα.

2.1.3 Από τις γεωργικές δραστηριότητες

Αντίστοιχα με τα παραπροϊόντα της βιομηχανίας ξύλου, τα υπολείμματα από τις γεωργικές δραστηριότητες, όπως π.χ. το άχυρο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά, για την παραγωγή φιλικής προς το περιβάλλον ενέργειας και καύσιμης ύλης. Εκτός από το άχυρο, τα κλαδέματα από τις δενδρώδεις καλλιέργειες, αντί να παραμένουν στους αγρούς και να αποτελούν εστίες ανάπτυξης πυρκαγιών, μπορούν να αξιοποιηθούν και να μετατραπούν σε υψηλής ποιότητας στερεά βιοκαύσιμα, προσφέροντας, ταυτόχρονα, ένα επιπλέον έσοδο για τους παραγωγούς.

Οι καλλιέργειες ενεργειακών φυτών αποτελεί, επίσης, μια πρακτική παραγωγής βιομάζας. Είναι, δε, αρκετά διαδεδομένη, τα τελευταία χρόνια ακόμα και στη χώρα μας όπου πραγματοποιείται για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων. Οι ενεργειακές

καλλιέργειες μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας, εναλλακτικών αέριων βιοκαυσίμων (βιοαέριο) καθώς και στερεών βιοκαυσίμων (pellets). Για την παραγωγή των στερεών βιοκαυσίμων έχει, επίσης, ξεκινήσει η εγκατάσταση δενδρωδών καλλιεργειών ταχείας ανάπτυξης.

2.1.4 Από τις κτηνοτροφικές δραστηριότητες

Το βασικό απόβλητο όλων των κτηνοτροφικών δραστηριοτήτων είναι η ζωική κοπριά. Το ζήτημα της αποτελεσματικής διαχείρισης της γίνεται ακόμα πιο έντονο κατά την μαζική εκτροφή ζώων (συνήθως βοοειδών, χοίρων και πουλερικών) σε περιορισμένους και συστεγασμένους χώρους.

Ο ιδανικότερος τρόπος διαχείρισης αυτών των αποβλήτων είναι η χρησιμοποίησή τους για την παραγωγή βιοενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, με τη βοήθεια της τεχνολογίας της αναερόβιας χώνευσης τα υγρά ζωικά απόβλητα μετατρέπονται σε βιοαέριο, ένα εναλλακτικό και «πράσινο» βιοκαύσιμο. Μετά την παραγωγή του, το βιοαέριο τροφοδοτείται σε σύστημα συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας, από την πώληση των οποίων προκύπτουν τα πολύ σημαντικά έσοδα της μονάδας βιοαερίου. Επιπλέον έσοδα μπορούν να προκύψουν από την εμπορική εκμετάλλευση του χωνεμένου υπολείμματος της κοπριάς ως βιολογικό λίπασμα.

Η βιομάζα, συνεπώς, που λαμβάνεται από την εκτροφή ζώων ως απόβλητο, όχι μόνο δεν είναι άχρηστη, αλλά αποτελεί μια πολύ σημαντική πηγή εσόδων για τον παραγωγό καθώς και ένα τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με φιλικό για το περιβάλλον και τον άνθρωπο τρόπο. Συνιστά έναν ανεκμετάλλευτο πλούτο, τον οποίο έχουν αναγνωρίσει όλες οι αναπτυγμένες χώρες εδώ και χρόνια, γι αυτό και επενδύουν σε αυτόν διαρκώς.

2.1.5 Από τη βιομηχανία παραγωγής τροφίμων

Τα απόβλητα των βιομηχανιών παραγωγής τροφίμων, είτε βρίσκονται σε στερεά ή σε υγρή μορφή, μπορούν να αξιοποιηθούν ενεργειακά, επίσης μέσω της τεχνολογίας της αναερόβιας χώνευσης και της παραγωγής βιοαερίου.

Έτσι, υγρά απόβλητα που φημίζονται για το υψηλό ρυπαντικό τους φορτίο (π.χ. τυρόγαλα, κατσίγαρος, απόβλητα σφαγείων, απόβλητα χυμοποιείων, ζυθοποιείων και βιομηχανιών επεξεργασίας φρούτων και λαχανικών) και την

έντονη ρύπανση που προκαλούν κατά την ανεξέλεγκτη διάθεση τους, σταματούν, πλέον, να αποτελούν πρόβλημα για τους παραγωγούς καθώς μετατρέπονται σε ηλεκτρική ενέργεια. Με αυτόν τον τρόπο διαχείρισης των αποβλήτων προκύπτουν πολλαπλά οφέλη: διακόπτεται η περιβαλλοντική υποβάθμιση των υδάτινων αποδεκτών από την λειτουργία των ρυπογόνων βιομηχανιών με τρόπο που όχι μόνο δεν κοστίζει στον παραγωγό του αποβλήτου, αλλά του προσφέρει επιπλέον έσοδα από την πώληση της εναλλακτικής ενέργειας και την αποφυγή των υψηλών προστίμων που οφείλει να πληρώνει για την ακατάλληλη διάθεση των αποβλήτων του. Αντιστοίχως και για τα στερεά οργανικά απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων, υπάρχουν αποτελεσματικές τεχνολογίες χρήσης τους για την παραγωγή βιοαερίου και ηλεκτρικής ενέργειας.

Για την εγκατάσταση μιας τεχνολογικά άρτιας μονάδας παραγωγής βιοενέργειας είναι, συνήθως, αναγκαία η συνεργασία των παραγωγών των ζωικών αποβλήτων με εκείνους των οργανικών βιομηχανικών αποβλήτων για την κατασκευή μονάδας συνδυασμένης αναερόβιας χώνευσης. Πέραν των περιβαλλοντικών, και τα οικονομικά οφέλη του φορέα που θα επενδύσει στην υλοποίηση μιας τέτοιας μονάδας εναλλακτικής ηλεκτροπαραγωγής, είναι σημαντικά υψηλότερα.

Η βιομάζα χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Ειδικότερα μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (θέρμανσης, ψύξης, ηλεκτρισμού κ.λπ.) και ακόμα για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλη, βιοντήζελ κ.λπ.).

2.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

1. Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου - επειδή οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας.

2. Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO_2) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή.

3. Εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της σε ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και

βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος.

4. Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή, αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές με τη χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών (διάφορα είδη ελαιοκράμβης, σόργο, καλάμι, κενάφ) τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες (ηλίανθος κ.ά.), και τη συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες τους, συμβάλλοντας έτσι στη κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Μελέτες έχουν δείξει ότι η παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων έχει θετικά αποτελέσματα στον τομέα της απασχόλησης τόσο στον αγροτικό όσο και στο βιομηχανικό χώρο.

5. Είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας

2.3 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

1. Ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.

2. Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν την συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.

3. Βάσει των παραπάνω παρουσιάζονται δυσκολίες κατά τη συλλογή, μεταφορά, και αποθήκευση της βιομάζας που αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης.

4. Οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων.

2.4 ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η Βιοενέργεια είναι μια μορφή Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) που προέρχεται από την ενεργειακή αξιοποίηση οργανικών υλικών βιολογικής προέλευσης. Τα οργανικά, αυτά, υλικά ονομάζονται γενικά βιομάζα και αποτελούν πρώτες ύλες που μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης έχουν μετατρέψει την ηλιακή ενέργεια που λαμβάνουν μέσω της ακτινοβολίας σε χημική.

Το καύσιμο που παράγεται από την κατάλληλη επεξεργασία της βιομάζας ονομάζεται βιοκαύσιμο. Επι της ουσίας, δηλαδή, βιομάζα είναι η πρώτη ύλη,

βιοκαύσιμο είναι το καύσιμο στο οποίο μετατρέπεται και βιοενέργεια η ηλεκτρική/θερμική/κινητική ενέργεια η οποία παράγει. Συνεπώς ο διαχωρισμός των βιοκαυσίμων από τη βιοενέργεια είναι δίχως νόημα καθώς ουσιαστικά αναφερόμαστε σε ένα πράγμα: την αειφόρο παραγωγή ενέργειας από βιομάζα. Σημειώνεται ότι τα δευτερης γενιάς βιοκαύσιμα που χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο πλέον για την παραγωγή βιοενέργειας δεν έχουν αρνητική επίδραση στη διατροφική αλυσίδα, καθώς χρησιμοποιούν απόβλητα ή μη βρώσιμα φυτά για την παραγωγή καυσίμων.

Σύμφωνα με απογραφή του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) το 2007 η εκτίμηση για τα άμεσα διαθέσιμα αποθέματα βιομάζας στην Ελλάδα ήταν 7.500.000 περίπου τόνοι υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών (σιτηρών, αραβόσιτου, βαμβακιού, καπνού, ηλίανθου, κλαδοδεμάτων, κληματίδων, πυρηνόξυλου κ.ά.), καθώς και περίπου 2.700.000 τόνοι δασικών υπολειμμάτων υλοτομίας.

2.4.1 Τεχνολογίες παραγωγής βιοενέργειας

Ως αποτέλεσμα του πλήθους των διαφόρων ειδών βιομάζας, οι τεχνολογίες μετατροπής τους σε βιοενέργεια είναι πολλές και αρκετά διαφορετικές μεταξύ τους. Συνήθως διακρίνονται, αναλόγως του τρόπου με τον οποίο παράγεται το καύσιμο, σε θερμικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες.

2.4.2 Θερμικές Διεργασίες

Στις θερμικές διεργασίες κυριαρχεί η καύση της βιομάζας και η παραγωγή ενέργειας είτε μέσω ατμοστροβίλου ή μέσω Οργανικού Κύκλου Rankine (ORC). Είναι και η τεχνολογία με τις περισσότερες εφαρμογές για την παραγωγή βιοενέργειας παγκοσμίως. Θερμικές, αλλά εν μέρει και χημικές, θεωρούνται οι διεργασίες της αεριοποίησης και της πυρόλυσης, δυο πολλά υποσχόμενες τεχνολογίες οι οποίες αναμένεται να έχουν τεράστια ανάπτυξη τα προσεχή έτη. Κοινό χαρακτηριστικό όλων των θερμικών τεχνολογιών είναι η απαίτηση για χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία της βιομάζας.

2.4.3 Χημικές Διεργασίες

Η βασικότερη χημική διεργασία παραγωγής βιοκαυσίμων και, τελικά, βιοενέργειας είναι η μετεστεροποίηση. Αποτελεί τη συνηθισμένη μέθοδο για την παραγωγή

βιοντίζελ μετατρέποντας τα τριγλυκερίδια των ελαίων και λιπών που τροφοδοτούν τη διεργασία σε αλκυλεστέρες-τις ενώσεις που αποτελούν το βιοντίζελ. Η χημική σύσταση των πρώτων υλών είναι καθοριστική για την απόδοση της μετεστεροποίησης.

2.4.4 Βιολογικές Διεργασίες

Δύο είναι οι βιολογικές διεργασίες που παράγουν τεράστιες ποσότητες βιοενέργειας σε όλο τον κόσμο: η ζύμωση λιγνοκυτταρινούχων και σακχαρούχων υλικών για την παραγωγή βιοαιθανόλης και η αναερόβια χώνευση οργανικών αποβλήτων για την παραγωγή βιοαερίου. Η ζύμωση εφαρμόζεται για την παραγωγή καυσίμου κίνησης, την βιοαιθανόλη, που είναι υποκατάστατο της βενζίνης, ενώ το βιοαέριο καίγεται, κατά κανόνα, σε μηχανές συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας για την παραγωγή ενέργειας με υψηλές αποδόσεις.

3 ΤΑ ΣΙΤΗΡΑ ΩΣ ΠΗΓΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Σπόροι Χειμερινών Σιτηρών

Σιτάρι-wheat



Εικόνα 3-1 Σπόροι
σιταριού

Κριθάρι-Barley



Εικόνα 3-2 Σπόροι
κριθαριού

Βρώμη-Oats



Εικόνα 3-3 Σπόροι
Βρώμης

Σίκαλη-Rye



Εικόνα 3-4 Σπόροι
Σικαλης

Τριτικάλε-Triticale



Εικόνα 3-5 Σπόροι
Τριτικάλε

Σπόροι Ανοιξιάτικων Σιτηρών

Καλαμπόκι-Corn



Εικόνα 3-6 Σπόροι
καλαμποκιού

Ρύζι



Εικόνα 3-8 Σπόροι ρυζιού

Κεχρί-Millet



Εικόνα 3-7 Σπόροι από
κεχρί

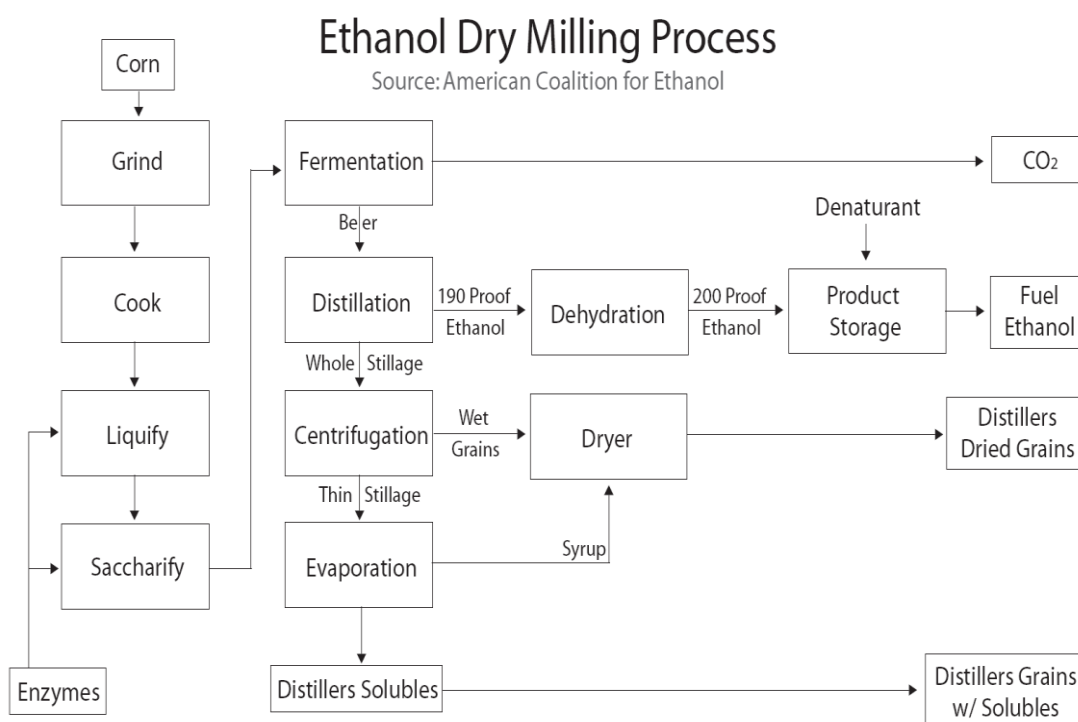
Σόργο



Εικόνα 3-9 Σπόροι από
σόργο

3.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ

Υπάρχουν δύο γενικές διαδικασίες παραγωγής αιθανόλης από σπόρους και στελέχη. Η υγρή (wet milling) και η ξηρή άλεση (dry milling). Από τις δύο, η ξηρή άλεση χρησιμοποιείται περισσότερο για την παραγωγή αιθανόλης, αν και η υγρή άλεση χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο στα σύγχρονα βιοδιυλιστήρια. Το κυριότερο προτέρημα της υγρής άλεσης είναι πως παράγει κάποια χρήσιμα παραπροϊόντα, όμως, απαιτεί μεγάλο κεφάλαιο και παράγει λιγότερη αιθανόλη σε σχέση με την ξηρή άλεση. Στην υγρή άλεση, η πρώτη ύλη όπως ο πυρήνας του καλαμποκιού έχουν ενισχυθεί και κλασματοποιηθεί με στόχο την παραγωγή παραπροϊόντων. Στην ξηρή άλεση ολόκληρα τα σιτηρά αλέθονται, ρευστοποιούνται, σακχαροποιούνται και τέλος ζυμώνονται κι έτσι παράγουν αιθανόλη και DDGS (ζωοτροφή) ως παραπροϊόν. Η διαδικασία της τυπικής ξηρής άλεσης εμφανίζεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα 3-1 Διαδικασία Ξήρης Άλεσης

3.1.1 Μετατροπή Αμύλου (Grinding and Cooking)

Το ενδοσπέρμιο του καλαμποκιού δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατευθείαν από τη ζύμη κι έτσι πρέπει να διασπαστεί σε απλά σάκχαρα πριν την ζύμωση. Για να πετύχει αυτή η μετατροπή, ένζυμα προστίθενται στον πολτό κατά τη διάρκεια του ψησίματος.

Το πρώτο βήμα της διάσπασης των μορίων της ζύμης γίνεται με τη βοήθεια μιας άλφα-αμυλάσης και ατμού (ζελατινοποίηση και υγροποίηση).

3.1.2 Σακχαροποίηση (Saccharification)

Το επόμενο βήμα περιλαμβάνει την προσθήκη ένζυμων γλυκο-αμυλάσης σε χαμηλή θερμοκρασία για ντην παραγωγή μικρότερων ζυμώσιμων σακχάρων (σακχαροποίηση). Το παραδοσιακό ψήσιμο σε παρτίδες συχνά αντικαθίσταται απο συνεχείς διαδικασίες ψησίματος σε καινούρια και μεταποιημένα φυτά αιθανόλης. Η συνεχής διαδικασία ψησίματος είναι γενικά πιο αποδοτική σε ενέργεια, αν σχεδιαστεί και λειτουργήσει κατάλληλα, μπορεί να αποδώσει 8% περισσότερη αιθανόλη σε κάθε βατσέλι (bushel) σιτηρών.

3.1.3 Ζύμωση (Fermentation)

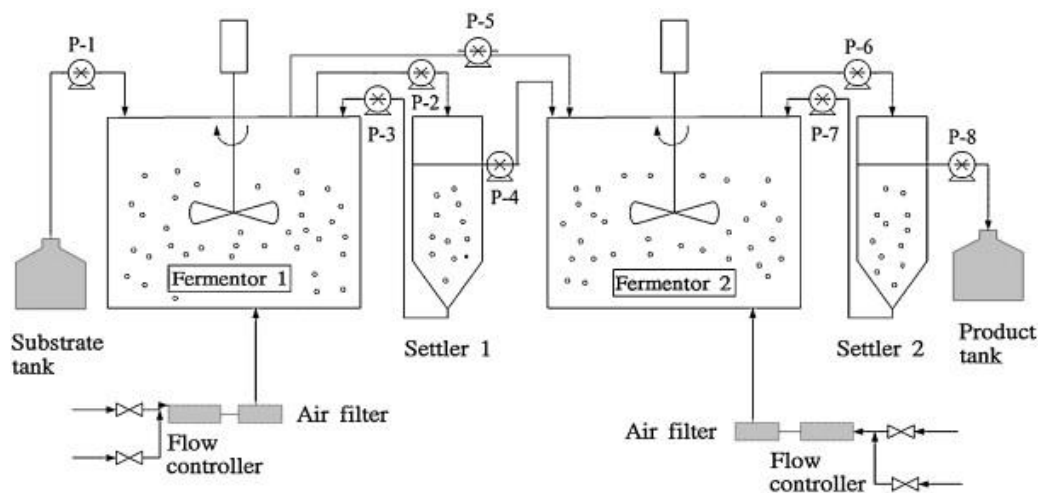
Μετά το ψήσιμο, ο πολτός αφήνεται να κρυώσει και μεταφέρεται σε ζυμωτήρες όπου προστίθεται ο μύκητας. Ο *Saccharomyces cerevisiae* είναι το είδος του μύκητα που συνήθως επιλέγεται λόγω της γρήγορης και αποτελεσματικής του παραγωγής σε αλκοόλη και της ιδιότητάς του να αντέχει τις υψηλές θερμοκρασίες, το οσμωτικό στρες και τις υψηλές σε αλκοολη συγκεντρώσεις. Η διαδικασία της ζύμωσης συνήθως κρατά 50 με 60 ώρες.

Ο στόχος είναι μια έγκαιρη μετατροπή της γλυκόζης σε αιθανόλη. Ομαδοποιημένα (batch fermentation systems) η σύνεχή (Continuous Fermentation systems) συστήματα ζύμωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν, αν και τα ομοαδοποιημένα συστήματα είναι πιο κοινά. Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) που απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, συχνά κρατιέται για πώληση,

ειδικά σε μεγάλες εγκαταστάσεις ξηρής ζύμωσης. Το CO₂ χρησιμοποιείται σε αναψυκτικά και άλλου είδους ποτά και επίσης σε παραγωγή ξηρού πάγου και άλλες βιομηχανικές διαδικασίες.



Εικόνα 3-10 κλασικό Ομαδοποιημένο σύστημα ζύμωσης (Batch fermentation system)



Διάγραμμα 3-2 Συνεχές σύστημα ζύμωσης-Continuous Fermentation system(CF)

3.1.4 Απόσταξη και Αφυδάτωση (Distillation and Dehydration)

Απόσταξη ονομάζεται η διαδικασία του διαχωρισμού της αιθανόλης από τα στερεά σώματα και το νερό που υπήρχαν μέσα στον πολτό. Η αλκοόλη εξατμίζεται στους 78,4 C και το νερό στους 100° C (στο επίπεδο της θάλασσας). Η διαφορά αυτή επιτρέπει στο νερό να διαχωριστεί από την αιθανόλη όταν θερμανθεί σε μια στήλη απόσταξης. Οι συμβατικές μέθοδοι απόσταξης μπορούν να παράγουν 95% καθαρή αιθανόλη. Σε αυτό το σημείο, η αλκοόλη και το νερό σχηματίζουν ένα αζεότροπο μίγμα, το οποίο σημαίνει πως δεν μπορεί να επιτευχθεί άλλος διαχωρισμός με τη θερμότητα. Προκειμένου να αναμειχθεί με βενζίνη, το 5% του νερού που περισσεύει πρέπει να αφαιρεθεί με άλλες μεθόδους.

Τα σύγχρονα εργοστάσια ξηρής άλεσης χρησιμοποιούν ένα σύστημα μοριακού κόσκινου για να παράγουν απόλυτη (100% ή 200% αντοχή) αιθανόλη. Η άνυδρη αιθανόλη στη συνέχεια αναμιγνύεται με περίπου 5% μετουσιωτή (όπως η βενζίνη) το οποίο την καθιστά μη πόσιμη και ως εκ τούτου να μην υπόκειται σε φόρο αλκοολούχων ποτών. Τέλος, είναι έτοιμη να αποσταλεί σε σταθμούς βενζίνης ή εμπόρους λιανικής.

3.1.5 Διαδικασία της Βινάσσας (Stillage Processing)

Το στερεό και το υγρό μέρος που παραμένει μετά την απόσταξη αναφέρεται ως «ακέραιη βινάσσα». Αυτή περιέχει τις ίνες, τα έλαια και τις πρωτεΐνες του σπόρου, όπως και το μη ζυμώσιμο άμυλο. Αυτό το παραπροϊόν της παραγωγής της αιθανόλης είναι ένα χρήσιμο συστατικό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ζωοτροφή στην κτηνοτροφία και την ιχθυοτροφία.

Αν και η βινάσσα μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας σαν ζωοτροφή, συνήθως επεξεργάζεται περαιτέρω πριν πωληθεί σαν ζωοτροφή. Πρώτα, η «ψιλή βινάσσα» διαχωρίζεται από το αδιάλυτο στερεό κλάσμα με τη βοήθεια μιας φυγόκεντρου ή πρέσσας. Στη συνέχεια η ψιλή βινάσσα αποστέλλεται στον αποστακτήρα για να αφαιρεθεί το περίσσειο νερό. Τέλος, το πυκνό αυτό σιρόπι αναμιγνύεται ξανά με το πρωταρχικό κομμάτι για να παραχθεί το προϊόν ζωοτροφής Wet Distillers Grains with Solubles (WDGS).

3.2 ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ(ΣΙΤΗΡΑ)

3.2.1 Καλαμπόκι

Κατάσταση σε παγκόσμιο επίπεδο

Παράγονται περίπου 520 Tg ξηρού καλαμποκιού σε όλο τον κόσμο ετησίως. Οι περιοχές με τη μεγαλύτερη παραγωγή είναι η Βόρειος Αμερική (42%), η Ασία (26%), η Ευρώπη (12%) και η Νότιος Αμερική (9%). Από τις παραπάνω περιοχές τη μεγαλύτερη απόδοση έχει η Βόρεια Αμερική, όπου παράγονται 7,2 Mg ξηρού καλαμποκιού ανά εκτάριο. Δεύτερη θέση στην κλίμακα της απόδοσης έχει η Ωκεανία (5,2 ξηρού Mg ha⁻¹). Η Αφρική έχει τη μικρότερη απόδοση, 1,4 dry Mg ha⁻¹. Ο παγκόσμιος μέσος όρος απόδοσης είναι 3,7 Mg ξηρού ha⁻¹. Οι Ηνωμένες Πολιτείες είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός καλαμποκιού, υπεύθυνες περίπου για το 40% της παγκόσμιας παραγωγής. Δεύτερος μεγαλύτερος παραγωγός η Κίνα με 20% της παγκόσμιας παραγωγής.

Τη μεγαλύτερη απόδοση έχει το Κουβέιτ με 16,5 ξηρού Mg ha⁻¹. Το μεγαλύτερο ποσοστό της παγκόσμιας παραγωγής καλαμποκιού (64%) χρησιμοποιείται για ζωτροφές. Το 19% περίπου θα είναι για ανθρώπινη κατανάλωση. Στην Αφρική και την Κεντρική Αμερική, το μεγαλύτερο μέρος της καλαμποκοπαραγωγής θα χρησιμοποιηθεί για ανθρώπινη τροφή, σε αντίθεση με άλλες περιοχές του πλανήτη όπου το περισσότερο καλαμπόκι θα γίνει ζωτροφή (βλ. πίνακα 3-1). Περίπου 5% της παγκόσμιας παραγωγής χάνεται ετησίως. Σύμφωνα με τη FAOSTAT, σημαντική ποσότητα καλαμποκιού χάνεται κατά τη μεταφορά, αποθήκευση και επαφή με τον ανθρώπινο παράγοντα (π.χ. συσκευασία), από τη μονάδα αγροτικής παραγωγής και μέχρι να φτάσει το προϊόν στα χέρια του καταναλωτή. Σε αυτό το έλλειμμα δεν περιλαμβάνεται η χασούρα των βρώσιμων ή μη μερών του καλαμποκιού στα πλαίσια της οικιακής κατανάλωσης του καταναλωτή. Η περιοχή με τη μεγαλύτερη «χασούρα» ετησίως είναι η Κεντρική Αμερική στην οποία χάνεται πάνω από 9% της καλαμποκοπαραγωγής.

Uses of corn grain

	Feed (%)	Seed (%)	Waste (%)	Food manufacture (%)	Food (%)	Other uses (%)
Africa	24.27	1.40	8.61	1.38	63.43	0.92
Asia	60.50	1.47	7.14	3.41	24.33	3.16
Europe	79.21	0.85	2.51	7.23	6.68	3.51
North America	75.38	0.27	0.14	18.55	1.99	3.67
Central America	29.56	1.77	9.49	4.18	54.71	0.29
Oceania	72.96	0.28	3.16	0.52	18.04	5.04
South America	71.99	0.94	8.55	1.23	15.10	2.19
World	64.20	0.96	4.60	8.60	18.67	2.97

Πίνακας 3-1 Χρήσεις των κόκκων καλαμποκιού ανα Ήπειρο

Πιθανή παραγωγή βιοαιθανόλης από καλαμπόκι

Περίπου 5% της παγκόσμιας παραγωγής καλαμποκιού χαραμίζεται ετησίως. Εάν αυτή η ποσότητα χρησιμοποιούνταν ως καύσιμο για την παραγωγή βιοαιθανόλης, θα παράγονταν 9.3 GL βιοαιθανόλης τα οποία μπορούν να αντικαταστήσουν 6.7 GL βενζίνης, εάν η βιοαιθανόλη χρησιμοποιούνταν ως εναλλακτικό καύσιμο, E85.

Επιπλέον, αν η βιοαιθανόλη παραχθεί χρησιμοποιώντας τη διαδικασία corn dry milling, κατά την οποία συμπαραγόμενο προϊόν είναι 922 γραμμάρια dry distillers' dried grains and soluble (DDGS) ανά κιλό αιθανόλης, τα σχεδόν 11Tg DDGS μπορούν να αντικαταστήσουν τα 13 Tg καλαμπόκι που διατίθενται για ζωοτροφή. Αν συμπεριλάβουμε το καλαμπόκι που αντικατάστηκε από DDGS (ζωοτροφή) στην διαδικασία παραγωγής, τότε μπορούν να παραχθούν άλλα 5,1 GL βιοαιθανόλης, τα οποία αντιστοιχούν σε περίπου 3,7 GL βενζίνης που θα χρησιμοποιούσε ένα όχημα μεσαίου μεγέθους που χρησιμοποιεί καύσιμα E85. Το καλαμπόκι που «χάνεται» κατά τις διαδικασίες παραγωγής, αποθήκευσης και διανομής θα μπορούσε να μειώσει την ετήσια παγκόσμια κατανάλωση βενζίνης κατά 0,93% (10,3 GL βενζίνης).

Για κάθε κιλό ξηρού σιτηρού παράγεται 1 κιλό ξηρού corn stover, το οποίο είναι το κατάλοιπο που αφήνει στο χωράφι κάθε σοδιά καλαμποκιού. Περίπου 203,6 Tg corn stover παράγονται ετησίως, τα οποία κατόπιν επεξεργασίας μπορούν να δώσουν περίπου 58,6 GL βιοαιθανόλης. Αυτή η ποσότητα αντιστοιχεί σε 42,1 GL βενζίνης που θα χρησιμοποιούσε ένα όχημα μεσαίου μεγέθους (καύσιμο E85), ή στο 3,8% της ετήσιας παγκόσμιας κατανάλωσης βενζίνης.

Από τη διαδικασία παραγωγής βιοαιθανόλης από corn stover υπάρχουν κατάλοιπα ζύμωσης τα οποία είναι πλούσια σε λιγνίνη. Αυτά τα κατάλοιπα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρισμού και ατμού. *** Η αποδοτικότητα της παραγωγής ηλεκτρισμού μέσω καύσης βιομάζας είναι περίπου στο 32%, ενώ για της παραγωγή ατμού με την ίδια μέθοδο βρίσκεται στο 51%. Αν παραμείνουν ίχνη λιγνίνης στα κατάλοιπα βιοαιθανόλης, τότε η εκμετάλλευση του corn stover μπορεί να αποφέρει 90,2 T Wh ηλεκτρισμού και αντίστοιχα 517 PJ ατμού. Η ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να παραχθεί με αυτό τον τρόπο ισοδυναμεί με το 0,7% της παγκόσμιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Ο πίνακας 2 δείχνει την ηλεκτρική ενέργεια και τον ατμό που παράγεται από κατάλοιπα ζύμωσης corn stover πλούσια σε λιγνίνη. Η Αφρική και η Κεντρική Αμερική δεν έχουν corn stover διαθέσιμο για μετατροπή σε βιοαιθανόλη (μέσω των παραπάνω διαδικασιών) λόγω μικρής παραγωγής και απόδοσης, καθώς επίσης και λόγω προβλημάτων διάβρωσης.

	Electricity (TWh)	Steam (PJ)
Africa	—	—
Asia	15.0	86.1
Europe	12.7	72.7
North America	59.2	339.6
Central America	—	—
Oceania	0.1	0.6
South America	3.2	18.3
World	90.2	517.3

Πίνακας 3-2 τοπική παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος και ατμού απο τη χρήση cornstover

Ο πίνακας 3-1 δείχνει γεωγραφικά την πιθανή παραγωγή βιοαιθανόλης από το προαναφερθέν «χαμένο» κατά τη διαδικασία παραγωγής καλαμπόκι και corn stover. Κάθε χρόνο 73 GL βιοαιθανόλης παράγονται από καλαμπόκι και corn stover τα οποία αντικαθιστούν σαν καύσιμο 52,4 GL βενζίνης, νούμερο το οποίο αντιστοιχεί στο 4,7% της ετήσιας παγκόσμιας κατανάλωσης βενζίνης. Η Βόρεια Αμερική έχει τη δυνατότητα να παράγει πάνω από 35 GL βιοαιθανόλης, με την προϋπόθεση ότι το «χαμένο» καλαμπόκι και το corn stover θα χρησιμεύσουν σαν καύσιμο για τη διαδικασία παραγωγής.

Regional potential bioethanol production from wasted corn grain and corn stover

	Potential bioethanol production (GL)			Total bioethanol (GL)	Gasoline equivalent ^a (GL)
	From wasted grain	From grain replaced by DDGS	From corn stover		
Africa	1.40	0.77	—	2.17	1.56
Asia	4.41	2.41	9.75	16.6	11.9
Europe	0.71	0.39	8.23	9.32	6.7
North America	0.14	0.08	38.4	38.7	27.8
Central America	0.78	0.428	—	1.21	0.87
Oceania	0.01	0.004	0.07	0.08	0.06
South America	1.86	1.01	2.07	4.94	3.55
World	9.3	5.08	58.6	73.0	52.4

^aEthanol is used as fuel in E85 for a midsize passenger car.

Πίνακας 3-3 τοπική παραγωγή βιοαιθανόλης από υπολείμματα κόκκων καλαμποκιού

3.2.2 Κριθάρι

Κατάσταση σε παγκόσμιο επίπεδο

Η παγκόσμια παραγωγή ξηρού κριθαριού φτάνει τα 124 Tg περίπου. Η Ευρώπη (62%), η Ασία (15%) και η Βόρεια Αμερική (14%) είναι οι γεωγραφικές περιοχές με τη μεγαλύτερη παραγωγή. Το ποσοστό παραγωγής κριθαριού σε άλλες περιοχές δεν ξεπερνά το 5%. Η απόδοση παραγωγής κυμαίνεται μεταξύ 0,74 και 2,8 ξηρό Mg ha⁻¹ με παγκόσμιο μέσο όρο 2,3 ξηρό Mg ha⁻¹. Η μεγαλύτερη σοδειά παρατηρείται στην Ευρώπη με μέσο όρο 2,8 Mg ξηρό κριθάρι ανά εκτάριο.

Η Γερμανία είναι η μεγαλύτερη χώρα-παραγωγός κριθαριού στην Ευρώπη με απόδοση παραγωγής 5,3 Mg ha⁻¹, ποσότητα που αποτελεί το 9,1% της παγκόσμιας παραγωγής. Η απόδοση παραγωγής στον Καναδά είναι 2,6 ξηρό Mg ha⁻¹, και έχει τη μεγαλύτερη έκταση σοδειάς κριθαριού (7,6 % της παγκόσμιας έκτασης σοδειάς). Η υψηλότερη απόδοση παραγωγής υπάρχει στην Ιρλανδία, με 5,7 ξηρό Mg ha⁻¹.

Όπως και στην περίπτωση του καλαμποκιού, το περισσότερο κριθάρι (περίπου 67% της παγκόσμιας παραγωγής) χρησιμοποιείται για παραγωγή ζωοτροφής, ενώ η δεύτερη μεγαλύτερη ποσότητα κριθαριού προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση. Κατά τη διάρκεια της συγκομιδής, συσκευασίας, μεταφοράς και αποθήκευσης χάνεται περίπου 4% της παγκόσμιας παραγωγής του.

Uses of barley grain

	Feed (%)	Seed (%)	Waste (%)	Food manufacture (%)	Food (%)	Other uses (%)
Africa	30.20	6.98	5.77	12.14	44.57	0.34
Asia	54.18	5.93	6.73	19.91	9.70	3.55
Europe	75.19	9.52	2.59	11.05	1.38	0.27
North America	74.99	3.48	0.04	20.49	0.93	0.07
Central America	29.07	1.38	2.22	65.11	1.90	0.33
Oceania	78.47	5.50	3.08	12.77	0.15	0.03
South America	11.03	2.78	3.35	73.69	7.29	1.85
World	66.74	7.54	3.39	15.99	5.32	1.03

Πίνακας 3-4 Χρήσεις των κόκκων κριθαριού ανά Ήπειρο

Πιθανή παραγωγή βιοαιθανόλης από κριθάρι

Περίπου 3,4% της παγκόσμιας παραγωγής κριθαριού χάνεται ως παράπλευρη απώλεια των διαδικασιών συγκομιδής, συσκευασίας, μεταφοράς και αποθήκευσης. Το παραπάνω ποσοστό αντιστοιχεί σε ποσότητα 3,7 Tg κριθαριού. Αν αυτό το "χαμένο" κριθάρι μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοαιθανόλης, τότε 1,5 GL βιοαιθανόλης θα παράγονταν ετησίως, ποσότητα που θα μπορούσε να αντικαταστήσει τα 1,1 GL βενζίνης που χρησιμοποιούνται σαν καύσιμο τύπου E85 για οχήματα μεσαίου μεγέθους.

Επιπλέον, το παραπροϊόν της διαδικασίας barley dry milling το ethanol DDGS μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ζωοτροφή, αντικαθιστώντας μεγάλη ποσότητα της πρωταρχικής παραγωγής κριθαριού. Εφόσον δεν υπάρχουν διαθέσιμες επιστημονικές πληροφορίες για τη διαδικασία dry milling του κριθαριού, γίνεται εφαρμογή των επιστημονικών δεδομένων που γνωρίζουμε για το καλαμπόκι. Έτσι, υποθέτουμε ότι ένα κιλό ξηρό DDGS κριθαριού αντικαθιστά ένα κιλό ξηρού κριθαριού στην αγορά. Σε αυτή τη μελέτη υποθέτουμε το ίδιο για όλα τα σπαρτά. Η τελική ποσότητα DDGS που παράγεται μέσω της διαδικασίας dry milling εάν διαζώζονταν το απωλεσθέν κριθάρι φτάνει τα 2,4 Tg. Αυτά τα 2,4 Tg κριθαριού που εξοικονομούνται λόγω DDGS και μπορούν με τη σειρά τους να παράξουν 0,96 GL βιοαιθανόλης. Έτσι, το "χαμένο" κριθάρι θα μπορούσε να παράξει 1,8 GL βιοαιθανόλης παγκοσμίως.

Το 60% του ground cover με υπολείματα σοδιάς υποθέτεται ότι απαιτεί 1,7 Mg ανά εκτάριο με υπολείματα κριθαριού, το οποίο αντιστοιχεί σε ίση ποσότητα σιταριού και βρώμης. Με παροχή 60% ground cover, αναμένεται παραγωγή περίπου 18 GL βιοαιθανόλης από άχυρα κριθαριού. Υποθέτεται ότι όλη η

λιγνίνη που περιέχεται στα άχυρα του κριθαριού παραμένει στα κατάλοιπα της διαδικασίας ζύμωσης, και έπειτα από επεξεργασία μπορεί να αποδώσει 12.5 TWh ηλεκτρικής ενέργειας και 71.5 PJ ατμού.

Συνολικά, μπορούν να παραχθούν 20.6 GL βιοαιθανόλης ετησίως εάν υπήρχε τρόπος να εκμεταλλευτούν το "χαμένο" κριθάρι και τα άχυρά του. Η από κριθάρι παραγόμενη βιοαιθανόλη θα μπορούσε να αντικαταστήσει το 1.3% της παγκόσμια καταναλώμενης βενζίνης, χωρίς να μειωθούν οι ήδη υπάρχουσες ποσότητες κριθαριού στις διάφορες αγορές. Η Ευρώπη μόνο, θα μπορούσε να παράγει 15.1 GL βιοαιθανόλης από το "χαμένο" κριθάρι και τα άχυρά του. Υπάρχει ελάχιστο "χαμένο" κριθάρι στη Βόρειο Αμερική για παραγωγή βιοαιθανόλης, αν και σαν πρώτη ύλη θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί άχυρο κριθαριού, το οποίο υπάρχει σε αφθονία. Ο πίνακας 5 δίνει πληροφορίες για την πιθανή παραγωγή βιοαιθανόλης ανα γεωγραφική περιοχή.

Regional potential bioethanol production from wasted barley grain and barley straw

	Potential bioethanol production (GL)			Total bioethanol (GL)	Gasoline equivalent (GL)
	From wasted grain	From grain replaced by DDGS	From barley straw		
Africa	0.07	0.05	—	0.12	0.08
Asia	0.50	0.32	0.61	1.44	1.03
Europe	0.82	0.53	13.7	15.1	10.8
North America	0.003	0.002	3.06	3.06	2.20
Central America	0.005	0.003	0.05	0.06	0.04
Oceania	0.08	0.05	0.60	0.73	0.52
South America	0.02	0.01	0.09	0.12	0.09
World	1.50	0.96	18.1	20.6	14.8

Πίνακας 3-5 πιθανή παραγωγή βιοαιθανόλης από υπολείμματα κόκκων και στελέχη κριθαριού ανα Γεωγραφική περιοχή. (Μέτρηση σε GL)

3.2.3 Βρώμη

Παγκόσμια κατάσταση

Η παγκόσμια παραγωγή ξηρής βρώμης ανέρχεται στα 24,2 Tg. Οι περιοχές με τη μεγαλύτερη παραγωγή είναι η Ευρώπη (64%), η Βόρειος Αμερική (21%), και η Ωκεανία (5%). Η απόδοση παραγωγής ανάλογα με την περιοχή κυμαίνεται μεταξύ 1,4 έως 2,1 ξηρών Mg ha⁻¹, ενώ ο παγκόσμιος μέσος όρος απόδοσης παραγωγής είναι τα 1,8 ξηρά Mg ha⁻¹. Η Ρωσία είναι η μεγαλύτερη παραγωγός βρώμης με 24% της παγκόσμιας παραγωγής (6,4 ξηρών Tg). Η υψηλότερη απόδοση παραγωγής

συναντάται στην Ιρλανδία, 6,0 ξηρά Mg ha, τιμή τρεις φορές μεγαλύτερη από τον παγκόσμιο μέσο όρο απόδοσης παραγωγής.

Ο πίνακας 6 δείχνει κλασματικά τις χρήσεις του σπόρου της βρώμης. Περίπου 73% της παγκόσμιας παραγωγής βρώμης καταναλώνεται σαν ζωϊκή τροφή. Το ποσοστό της βρώμης που χρησιμοποιείται σαν σπόρος για φύτευση είναι 14%, το οποίο είναι μεγαλύτερο από το ποσοστό για ανθρώπινη κατανάλωση(11%). Περίπου 2% από την παραγωγή βρώμης χάνεται σαν απόβλητα. Το μεγαλύτερο ποσοστό απώλειας ανήκει στην Ασία(6%) και την Νότιο Αμερική(5%).

Uses of oat grain

	Feed (%)	Seed (%)	Waste (%)	Food manufacture (%)	Food (%)	Other uses (%)
Africa	39.84	8.07	2.78	0.02	49.29	0.00
Asia	66.90	7.85	5.69	0.00	19.52	0.03
Europe	72.95	17.61	2.75	0.00	6.56	0.13
North America	75.90	5.47	0.21	0.00	18.42	0.00
Central America	72.41	1.14	0.73	0.00	25.71	0.00
Oceania	91.01	5.71	0.11	0.00	3.11	0.06
South America	44.58	16.75	4.69	0.00	33.98	0.00
World	72.77	13.58	2.27	0.00	11.29	0.09

Πίνακας 3-6 Χρήσεις του σπόρου της βρώμης ανα γεωγραφική περιοχή

Πιθανή παραγωγή Βιοαιθανόλης από βρώμη

Η χρήση των σπόρων βρώμης που δεν χρησιμοποιούνται μπορούν να παράγουν 225ML Βιοαιθανόλης, αντικαθιστώντας έτσι 161 ML βενζίνης όταν η αιθανόλη χρησιμοποιείται σε ένα E85.

Μέσω της ξηρής άλεσης των υπολειμμάτων της βρώμης μπορεί να παράγει 1,5 ξηρά κιλά από DDGS στο κιλό αιθανόλης σαν παραπροϊόν, αντικαθιστώντας τη βρώμη που χρησιμοποιείται για ζωϊκή τροφή. Περισσότερα από 250.000 τόνοι βρώμης μπορούν να αντικατασταθούν από DDGS. Η χρήση του DDGS που προέρχεται από ξηρή άλεση για ζωϊκή τροφή θα μπορούσε να παράξει ακόμα 160 ML βιοαιθανόλης. Ως εκ τούτου τα υπολείμματα από τους σπόρους της βρώμης θα μπορούσαν να παράξουν 384 ML βιοαιθανόλης.

Καλύπτοντας το 60% των αναγκών κάλυψης του εδάφους 11 Tg στελεχών βρώμης είναι διαθέσιμα παγκοσμίως, τα οποία θα μπορούσαν να παράξουν 2,8

GL βιοαιθανόλης. Επιπλέον, τα υπολείμματα της πλούσιας σε λιγνίνη ζύμωσης μπορούν να παράγουν 3,5 TWh ηλεκτρικής ενέργειας και 19,8 PJ ατμού.

Η χρήση των σπόρων και των στελεχών της βρώμης θα μπορούσαν να παράξουν περίπου 3,16 GL βιοαιθανόλης, αντικαθιστώντας έτσι 2,27 GL βενζίνης αν χρησιμοποιηθεί σαν καύσιμο E85. Η Ευρώπη θα μπορούσε να παράγει περίπου 2 GL βιοαιθανόλης, το οποίο είναι περισσότερο από το μισό της πιθανής παραγωγής βιοαιθανόλης από την χρήση των υπολειμμάτων του σπόρου και των κοτσανιών της βρώμης. Η πιθανή τοπική παραγωγή βιοαιθανόλης από υπολείμματα σπόρων και καλαμιών βρώμης παρουσιάζεται στον πίνακα 3-7.

Regional potential bioethanol production from wasted oat grain and oat straw

	Potential bioethanol production (GL)			Total bioethanol (GL)	Gasoline equivalent (GL)
	From wasted grain	From grain replaced by DDGS	From oat straw		
Africa	0.001	0.001	—	0.002	0.002
Asia	0.03	0.02	0.07	0.12	0.08
Europe	0.17	0.12	1.79	2.08	1.50
North America	0.004	0.003	0.73	0.74	0.53
Central America	0.0002	0.0002	0.009	0.01	0.007
Oceania	0.001	0.0004	0.12	0.12	0.09
South America	0.02	0.01	0.06	0.09	0.06
World	0.23	0.16	2.78	3.16	2.27

Πίνακας 3-7 Πιθανή τοπική παραγωγή βιοαιθανόλης από υπολείμματα σπόρων και στελεχών βρώμης ανά γεωγραφική περιοχή

3.2.4 Ρύζι

Κατάσταση σε Παγκοσμίο επίπεδο

Η ετησια παγκοσμια παραγωγή ξηρού ρυζιού υπολογίζεται γυρωστα 526 Tg. Η Ασια είναι η πρωταρχική παραγωγική χώρα κατέχοντας το 90% της παγκοσμιας παραγωγής και την μεγαλύτερη εκταση συγκομιδής. Η σοδειά του ρυζιού στην Ασια είναι 3,5 ξηρού $Mg\ ha^{-1}$, όπου είναι ίσο με τον παγκοσμιο μέσο όρο. Η υψηλότερη σοδειά εμφανίζεται στην Αυστραλία με 7,8 Mg ρυζιού ανά εκτάριο. Περίπου το 88% της παγκοσμιας παραγωγής χρησιμοποιείται για ανθρώπινη καταναλωση ενώ σχεδόν το 2.6% για ζωοτροφή, με στατιστική εξαίρεση τη Νοτιο Αμερική που δεν χρησιμοποιείται καθόλου ρύζι για ζωοτροφή. Περίπου το 4.8% της παγκοσμιας παραγωγής ρυζιού χανεται ως ακρηστο. Σχεδόν 22 Tg ρυζιού στην Ασια κρινεται

αχρηστο, ποσοτητα μεγαλυτερη απο την παραγωγη ρυζιου οποιασδηποτε αλλης περιοχης. Η μεγαλυτερη ποσοτητα χαμένου ρυζιου στην Νοτια Αμερικη, 12%. Η καταναλωση του ρυζιου παρουσιαζεται στον πινακα 3-8:

Uses of rice grain						
	Feed (%)	Seed (%)	Waste (%)	Food manufacture (%)	Food (%)	Other uses (%)
Africa	1.41	2.32	7.17	0.48	86.67	1.94
Asia	2.71	3.05	4.55	0.68	88.85	0.16
Europe	6.53	2.36	0.82	0.34	87.40	2.55
North America	0.00	3.18	12.15	12.31	66.78	5.57
Central America	0.73	1.23	4.11	3.89	89.66	0.38
Oceania	0.05	2.31	2.06	1.73	92.71	1.14
South America	2.05	2.75	8.35	3.00	83.18	0.66
World	2.62	2.99	4.82	0.88	88.35	0.33

Πίνακας 3-8 Χρήσεις των κόκκων του ρυζιού ανα γεωγραφική περιοχή

Πιθανή παραγωγή βιοαιθανόλης απο ρύζι.

Αν τα υπολείμματα ρυζιού μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν πλήρως για να παράγουν βιοαιθανόλη, τότε 12,3 GL τα οποία θα είχαν παραχθεί θα αντικαθιστούσαν 8,9 GL βενζίνης. Η ξηρή άλεση ρυζιού θα μπορούσε να παράξει 0,8 ξηρά κιλά από DDGS σε κάθε κιλό αιθανόλης σαν παραπροϊόν, αντικαθιστώντας έτσι τους σπόρους ρυζιού που χρησιμοποιούνται σαν ζωοτροφή.

Περίπου 9,3 Tg ρυζιού θα ήταν διαθέσιμα χάρη στην χρήση του DDGS και θα μπορούσε να παράγει 4,5 GL βιοαιθανόλης. Ως εκ τούτου, τα υπολείμματα του ρυζιού θα μπορούσαν να παράξουν 16,8 GL βιοαιθανόλης. Δεν θα πρέπει να αφήνεται στο χωράφι με αποτέλεσμα την προληψη της διάβρωσης. Έτσι, όλη η ποσότητα του ρυζιού θα μπορεί να είναι χρήσιμη, καταλήγωντας σε 731 Tg στελεχών ρυζιού απο τα οποία 205 GL βιοαιθανόλης θα μπορούσαν να παραχθούν. Επιπλέον, τα υπολείμματα της πλούσιας σε λιγνίνη ζύμωσης μπορούν να παράξουν 123 TWh ηλεκτρικής ενέργειας και 708 PJ ατμού.

Παγκόσμια, τα υπολείμματα απο σπόρους και στελέχη ρυζιου θα μπορούσαν να παράγουν 221GL βιοαιθανόλης, αντικαθιστώντας 159 GL βενζίνης (περίπου το 14,3% της παγκόσμιας κατανάλωσης σε βενζίνη). Η Ασία έχει την μεγαλύτερη ικανότητα, 200 GL αιθανόλης απο υπολείμματα κόκκων και στελεχών ρυζιού. Η

πιθανή τοπική παραγωγή βιοαιθανόλης από υπολείμματα κόκκων και στελεχών ρυζιού παρουσιάζεται στον πίνακα 3-9.

Regional potential bioethanol production from wasted rice grain and rice straw

	Potential bioethanol production (GL)			Total bioethanol (GL)	Gasoline equivalent (GL) from wasted grain
	From wasted grain	From grain replaced by DDGS	From rice straw		
Africa	0.52	0.19	5.86	6.57	4.72
Asia	10.5	3.87	186.8	201.2	144.5
Europe	0.01	0.004	1.10	1.11	0.80
North America	0.46	0.17	3.06	3.69	2.65
Central America	0.04	0.01	0.77	0.83	0.59
Oceania	0.01	0.004	0.47	0.49	0.35
South America	0.68	0.25	6.58	7.51	5.39
World	12.3	4.5	204.6	221.4	159

Πίνακας 3-9 Πιθανή τοπική παραγωγή βιοαιθανόλης από υπολείμματα σπόρων και στελεχών ρυζιού ανα γεωγραφική περιοχή

3.2.5 Σιτάρι

Κατάσταση σε Παγκόσμιο Επίπεδο

Η ετησια παγκόσμια παραγωγή σιταριού είναι κατά προσέγγιση 529 Tg. Η Ασία με 43% και η Ευρώπη με 32% είναι οι κύριες παραγωγικές περιοχές. Η νοτιο Αμερική έχει την τρίτη μεγαλύτερη παραγωγή με 15% της παγκόσμιας παραγωγής σιταριού. Η σοδειά του σιταριού κυμαίνεται από 1,7 έως 4,1 ξηρού Mg ha⁻¹. Ο παγκόσμιος μέσος όρος σοδειάς είναι 2,4 ξηρού Mg ha⁻¹. Όπως και στο ρύζι η Κίνα είναι η μεγαλύτερη παραγωγική χώρα σε σιτάρι με περίπου το 18% της παγκόσμιας παραγωγής με μέσο όρο σοδειάς 3,4 ξηρού Mg ha⁻¹. Η δεύτερη μεγαλύτερη παραγωγική χώρα είναι η Ινδία, όπου η παραγωγή σιταριού αγγίζει τα 71 Tg (12%) και η σοδειά τα 2,4 ξηρού Mg ha⁻¹.

Η υψηλότερη σοδειά εμφανίζεται στην Ιρλανδία, όπου παράγεται 7,7 Mg σιταριού ανά εκτάριο. Το περισσότερο σιτάρι (71% της παγκόσμιας παραγωγής) χρησιμοποιείται για ανθρώπινη κατανάλωση. Περίπου το 17% της παγκόσμιας παραγωγής χρησιμοποιείται για ζωοτροφή αλλά το ποσοστό παραγωγής σιταριού στην Ευρώπη, την Νοτιο Αμερική και την Ωκεανία που προορίζεται για ζωοτροφή είναι άνω του 25%. Σχεδόν 20 Tg σιταριού (4% της παγκόσμιας παραγωγής) χάνεται

ως υπολείμματα. Περίπου 10 Tg σιταριού στην Ασία καταλήγουν ως υπολείμματα. Οι χρήσεις του σιταριού παρουσιάζονται στον πίνακα 3-10.

Uses of wheat grain						
	Feed (%)	Seed (%)	Waste (%)	Food manufacture (%)	Food (%)	Other uses (%)
Africa	4.68	2.26	5.71	0.18	85.87	1.30
Asia	4.34	5.46	4.50	0.64	84.31	0.74
Europe	38.78	8.13	2.44	1.60	46.72	2.33
North America	28.69	8.07	0.03	0.00	62.78	0.42
Central America	7.95	0.95	8.07	0.00	73.08	9.95
Oceania	42.00	8.29	4.02	3.07	28.19	14.44
South America	4.35	3.73	5.11	0.00	86.80	0.01
World	16.72	6.11	3.72	0.84	71.13	1.48

Πίνακας 3-10 Χρήσεις σπόρων σιταριού ανα γεωγραφική περιοχή

Πιθανή Παραγωγή βιοαιθανόλης από σιτάρι

Η χρήση υπολειμμάτων σιταριού θα μπορούσε να παράγει 7 GL βιοαιθανόλης, αντικαθιστώντας 5 GL βενζίνης όπου είναι η αιθανόλη που χρησιμοποιείται σε ένα E85 μεσαίου μεγέθους επιβατικού αυτοκινήτου. Η ξηρή άλεση θα μπορούσε να παράγει 4 dry kg DDGS ανά κιλό αιθανόλης σαν παραπροϊόν, αντικαθιστώντας την σοδεία σιταριού που προορίζεται για ζωοτροφή. Περίπου 10,8 Tg σιταριού θα μπορούσαν να αντικατασταθούν από DDGS, ως αποτέλεσμα την παραγωγή 4,4 GL βιοαιθανόλης. Ως εκ τούτου, τα κατάλοιπα σοδείας σιταριού θα μπορούσαν να παράγουν 11,3 GL βιοαιθανόλης. Κάτω από το 60% της καλιεργησιμής επιφάνειας του εδάφους, περίπου 354 Tg στελεχών σιταριού θα μπορούσαν να είναι παγκόσμια διαθέσιμα και θα μπορούσαν να παράγουν 104 GL βιοαιθανόλης. Επιπλέον, τα υπολείμματα της πλούσιας σε λιγνίνη ζύμωσης θα μπορούσαν να παράγουν 122 TWh ηλεκτρικής ενέργειας και 698 PJ ατμού. Τα υπολείμματα σπόρων καθώς και στελεχών σιταριού θα μπορούσαν να παράγουν 115 GL βιοαιθανόλης σε παγκόσμιο επίπεδο, αντικαθιστώντας 83 GL βενζίνης για ένα E85 μεσαίου μεγέθους επιβατικού αυτοκινήτου, ή εναλλακτικά περίπου το 7,5% της παγκόσμιας κατανάλωσης βενζίνης. Η Ασία και η Ευρώπη έχουν την δυνατότητα για παραγωγή πάνω από 40 GL αιθανόλης από υπολείμματα σπορών και στελεχών σιταριού. Η πιθανή τοπική παραγωγή παρουσιάζεται στον πίνακα 3-11.

Regional potential bioethanol production from wasted wheat grain and wheat straw

	Potential bioethanol production (GL)			Total bioethanol (GL)	Gasoline equivalent (GL) from wasted grain
	From wasted grain	From grain replaced by DDGS	From wheat straw		
Africa	0.34	0.21	1.57	2.11	1.52
Asia	4.16	2.62	42.6	49.32	35.42
Europe	1.66	1.04	38.9	41.55	29.84
North America	0.01	0.006	14.7	14.68	10.54
Central America	0.10	0.06	0.82	0.98	0.70
Oceania	0.33	0.21	2.51	3.05	2.19
South America	0.37	0.23	2.87	3.47	2.49
World	6.95	4.38	103.8	115.2	82.71

Πίνακας 3-11 Πιθανή τοπική παραγωγή βιοαιθανόλης από υπολείμματα σπόρων και στελεχών σιταριού ανα γεωγραφική περιοχή

3.2.6 Σοργο

Κατασταση σε Παγκοσμιο Επιπεδο

Η ετήσια παγκόσμια παραγωγή Σόργου είναι περίπου 53 Tg. Η πρωταρχική παραγωγική περιοχή είναι η Αφρική (33%) και δεύτερη η Βόρειος Αμερική (23%) της παγκοσμίας παραγωγής. Η σοδειά του σορογου ποικίλει από 0,8 έως 3,7 Mg ha⁻¹. Ο μέσος όρος σοδειάς παγκοσμίως είναι 1,2 Mg ha⁻¹. Οι ΗΠΑ έχουν την μεγαλύτερη παραγωγή σόργου (περίπου 23% της παγκόσμιας παραγωγής σόργου) σε σοδειά 3,7 Mg ha⁻¹. Η υψηλότερη σοδειά παρατηρείται στο Ισραήλ και την Ιορδανία, όπου παράγουν περισσότερο από 10 Mg ανα εκτάριο.

Η κύρια χρήση του σόργου είναι 40% για ζωοτροφή και 40% για ανθρώπινη κατανάλωση. Στην Αφρική και την Ασία περισσότερο από το 60% προορίζεται για διατροφή. Σε όλες τις άλλες περιοχές το περισσότερο σόργο χρησιμοποιείται για ζωοτροφή. Το σόργο δεν προορίζεται για διατροφή του ανθρώπου στην Ευρώπη και την Νότιο Αμερική. Περίπου 3 Tg σόργου (2 Tg στην Αφρική), ισοδυναμούν με το 6% την παραγωγής. Οι χρήσεις του σόργου παρουσιάζονται στον πίνακα 3-12.

Uses of sorghum grain

	Feed (%)	Seed (%)	Waste (%)	Food manufacture (%)	Food (%)	Other uses (%)
Africa	6.90	2.01	13.02	5.21	72.76	0.11
Asia	32.29	2.21	4.94	0.00	60.52	0.04
Europe	98.76	0.53	0.71	0.00	0.00	0.00
North America	86.80	0.30	0.00	9.88	3.03	0.00
Central America	94.85	0.38	2.19	0.00	2.58	0.00
Oceania	97.71	0.39	0.04	0.11	1.75	0.00
South America	95.09	0.69	4.21	0.00	0.00	0.00
World	49.10	1.39	6.11	3.20	40.15	0.05

Πίνακας 3-12 Χρήσεις σπόρων Σόργου ανα γεωγραφική περιοχή

Πιθανή παραγωγή βιοαιθανόλης από σόργο

Η χρήση των σπόρων του σόργου που δεν χρησιμοποιούνται θα μπορούσαν να παράγουν 1,4 GL βιοαιθανόλης αντικαθιστώντας 1 GL βενζίνης. Μέσω της διαδικασίας της ξηρής άλεσης, το σόργο θα μπορούσε να παράγει 1,2 ξηράκιλά DDGS ανά κιλό αιθανόλης σαν παραπρόϊόν από υπολείμματα σόργου. Περίπου 1,7 Tg σόργου θα σωζόταν από DDGS, παράγοντας ακόμα 752 ML βιοαιθανόλης.

Επομένως, τα υπολείμματα του σόργου θα μπορούσαν να παράγουν 2,1 GL βιοαιθανόλης. Για τα στελέχη του σόργου, 60% του εδάφους που καλύπτεται χρειάζεται το λιγότερο 2,7 Mg από φυτικά υπολείμματα ανά εκτάριο. Με αυτήν την πρακτική, 10,3 Tg απο στελέχη σόργου θα ήταν παγκόσμια διαθέσιμα και θα μπορούσαν να παράγουν 2,8 GL αιθανόλης.

Επιπλέον, τα υπολείμματα της ζύμωσης πλούσια σε λιγνίνη θα μπορούσαν να παράγουν 3,7 TWh ηλεκτρικής ενέργειας και 21 PJ ατμού. Τα υπολείμματα από σπόρους και στελέχη σόργου θα μπορούσαν να παράγουν 4,9 GL βιοαιθανόλης παγκόσμια, αντικαθιστώντας 3,5 GL βενζίνης σε ένα E85 μεσαίου μεγέθους επιβατηγό αυτοκίνητο, η περίπου 0,3 % της παγκόσμιας κατανάλωσης σε βενζίνη. Δεν υπάρχει βιοαιθανόλη από σόργο στην Αφρική διότι η χαμηλή παραγωγή απαιτεί να παραμένουν όλα τα στελέχη στο χωράφι για την διατήρηση του εδάφους.

Ο πίνακας 13 δίνει πληροφορίες για την πιθανή παραγωγή βιοαιθανόλης ανα γεωγραφική περιοχή.

Regional potential bioethanol production from wasted sorghum grain and sorghum straw

	Potential bioethanol production (GL)			Total bioethanol (GL)	Gasoline equivalent (GL)
	From wasted grain	From grain replaced by DDGS	From sorghum straw		
Africa	1.01	0.55	—	1.55	1.12
Asia	0.24	0.13	—	0.37	0.27
Europe	0.002	0.001	0.10	0.10	0.071
North America	—	—	1.89	1.89	1.35
Central America	0.06	0.03	0.31	0.40	0.29
Oceania	0.0003	0.0001	0.09	0.09	0.06
South America	0.08	0.04	0.41	0.53	0.38
World	1.39	0.75	2.79	4.93	3.54

Πίνακας 3-13 Πιθανή τοπική παραγωγή βιοαιθανόλης από υπολείμματα σπόρων και στελεχών Σόργου ανα γεωγραφική περιοχή

4 Βιβλιογραφία

- Steve Butzen and Doug Haefele (2008),Crop Insights, *Pioneer Agronomy Sciences 18*: 2-3
- Seungdo Kim, Bruce E. Dale (2003), Global potential bioethanol production from wasted crops and crop residues, *Biomass and Bioenergy 26*: 4-11
- Feng-Sheng Wang, Chung-Chih Li, Yu-Sheng Lin, Wen-Chien Lee (2013), Enhanced ethanol production by continuous fermentation in a two-tank system with cell recycling, *Process Biochemistry 48*: 1426
- Adeel Ghayur, Ye Huang, David McIlveen-Wright and Neil Hewitt (2011), Process simulations for wheat and wheat straw based ethanol biorefinery concepts, *Proceedings of the bioten conference on biomass, bioenergy and biofuels 45*: 146-148
- www.biomassenergy.gr/articles/technology/biomass/16-biomass-resources
- El.wikipedia.org/wiki/Βιομάζα
- El.wikipedia.org/wiki/Βιοενέργεια
- www.purcellmountainfarms.com/OrganicSoftWhiteWheatBerries.com
- <http://www.purcellmountainfarms.com/Organic%20Hulled%20Barley%20Grain.htm>
- http://www.123rf.com/photo_14072087_natural-oat-grains-for-backgrounds-or-textures.html
- <http://www.shroomery.org/forums/showflat.php/Number/3254048>
- <http://www.purcellmountainfarms.com/organic%20triticale%20grain.htm>
- http://www.zamzows.com/lawn_garden_pond/gardens/?newsType=ArticleView&articleId=891
- <http://www.purcellmountainfarms.com/Organic%20Millet.htm>
- <http://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5390527>
- <http://www.wisegeek.org/what-is-sorghum.htm#slideshow>