

IL BIOETANOLO DALLE BIOMASSE LIGNO-CELLULOSICHE

LO STATO DELL'ARTE DELLA FILIERA
PRODUTTIVA E LE POTENZIALITÀ

Michela Pin – C.E.T.A.

Padova, 20 aprile 2007

Il bioetanolo “ligno-cellulosico” è considerato un biocarburante di seconda generazione

➤ Valorizzazione energetica delle biomasse a basso costo o a costo zero

(residui agro-forestali, FORSU, colture dedicate ad elevata produttività)

➤ Riduzione del costo di produzione

➤ Miglioramento del bilancio delle emissioni di CO₂

➤ Tempi richiesti per l'ottimizzazione della filiera di 5-7 anni

Le materie prime – I residui agricoli

Disponibilità (t/ha s.s.)

Paglia di frumento tenero	3-6
Paglia di frumento duro	3-5
Stocchi di mais	4,5-6
Tutoli e brattee di mais	1,5-2,5
Sarmenti di vite	3-4
Frasche di ulivo	1-2,5

Le materie prime – FORSU

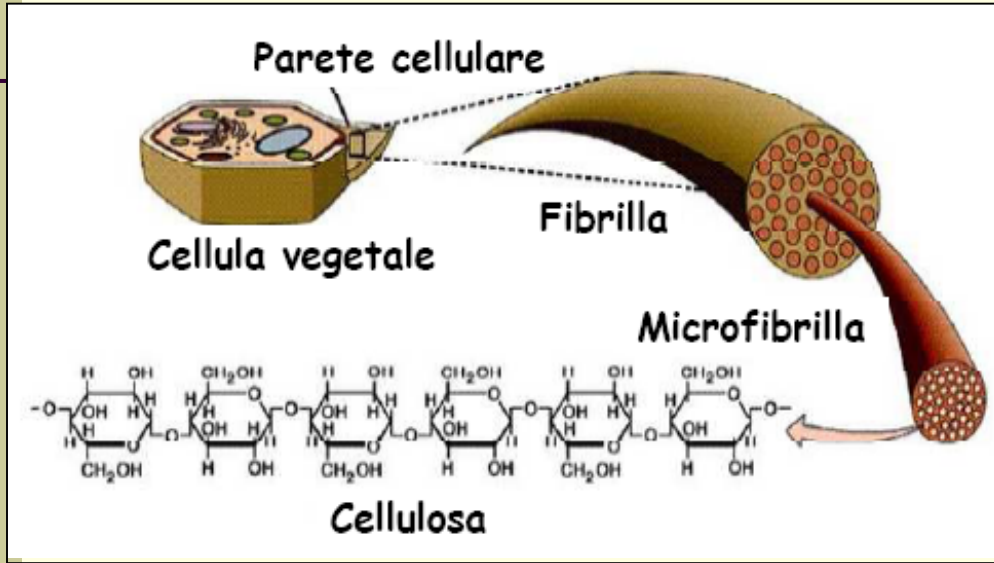
Composizione

Verde	30 % cellulosa
	30 % emicellulosa
Residui alimentari	20 % cellulosa

Le materie prime – Le colture dedicate

	Disponibilità	Composizione
Sorgo	25 t/ha	11 % cellulosa 18 % emicellulosa
Canna	25 t/ha	31 % cellulosa 22 % emicellulosa
Panico	17 t/ha	31 % cellulosa 20 % emicellulosa

La filiera produttiva



PRETRATTAMENTO

DETOSSIFICAZIONE

IDROLISI

FERMENTAZIONE

DISTILLAZIONE

Bioetanolo

Le criticità attuali – Il pretrattamento

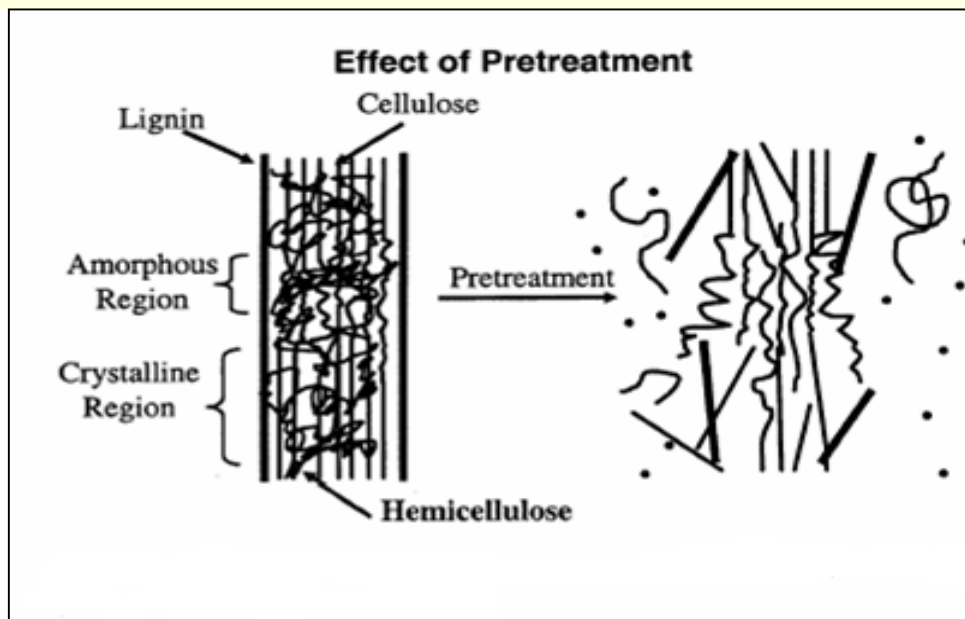
Chimico

Steam explosion

PRETRATTAMENTO

Microbiologico

AFEX

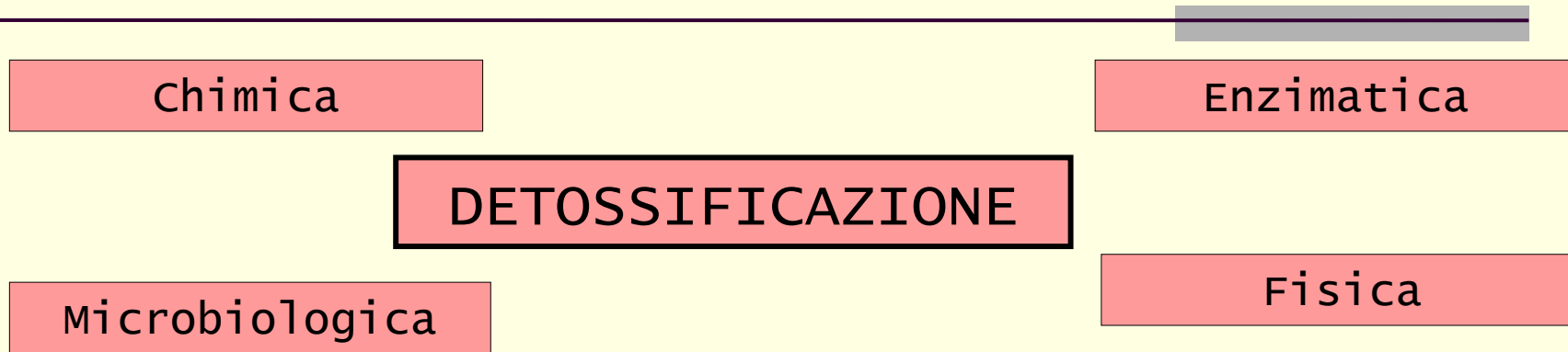


Le criticità attuali – Il pretrattamento

Le soluzioni in fase di sperimentazione

- **Chimico:** NaOH (aq) al 8-12 %, a 80-120 °C, durata 30-60 minuti
- ***Steam explosion:***
 - fase 1: saturazione con vapore acqueo a 1,5-4 MPa a 180-230 °C per 1-10 minuti
 - fase 2: trasferimento a pressione atmosferica e decompressione esplosiva
- **AFEX:** *steam explosion* con impiego di ammoniaca
- **Microbiologico:** degradazione della lignina con funghi (*Phanerochaete crysosporium*)

Le criticità attuali – La detossificazione



➤ Gli inibitori sono prodotti nel corso del pretrattamento per parziale degradazione delle componenti della parete cellulare

➤ I principali inibitori sono:

acidi organici a basso peso molecolare, composti fenolici

Le criticità attuali – La detossificazione

Le soluzioni in fase di sperimentazione

➤ **Chimica:**

opzione 1: precipitazione variando il pH con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e H_2SO_4 :

fase 1: pH 9-10, a 50-60 °C

fase 2: pH 6, a 30 °C

fase 3: filtrazione a 0,2 μm

opzione 2: adsorbimento su carbone attivo, terra di diatomee o resine a scambio ionico

➤ **Fisica:** separazione per evaporazione sottovuoto degli inibitori volatili (acido acetico, furfurale)

Le criticità attuali – La detossificazione

Le soluzioni in fase di sperimentazione

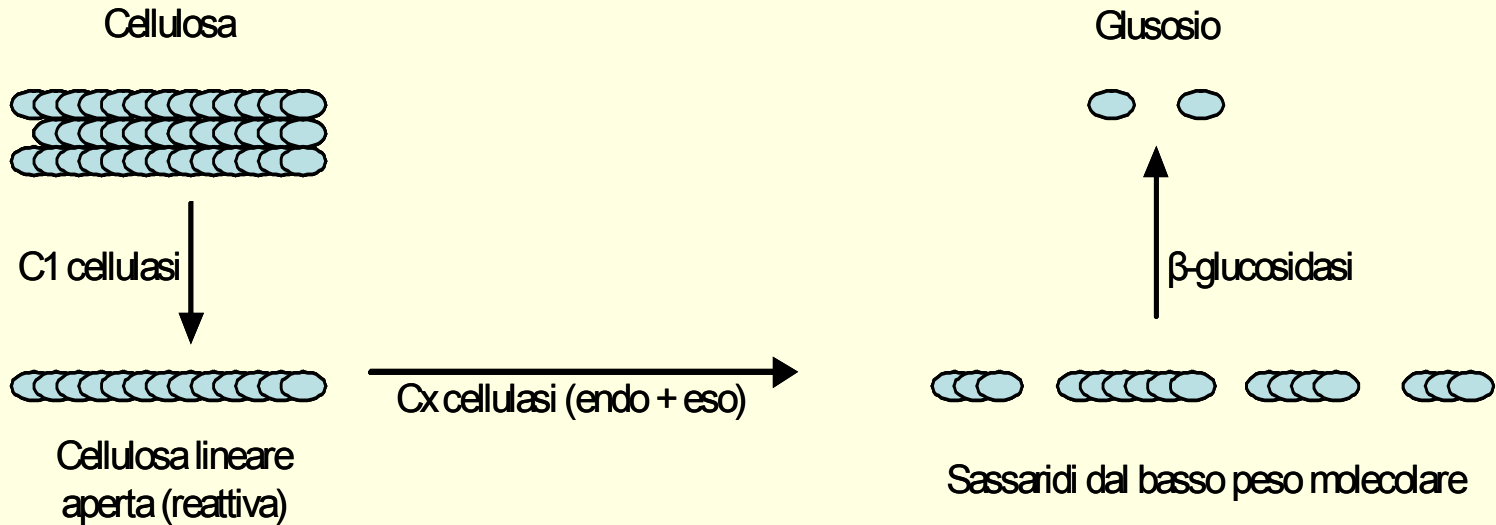
- **Enzimatica:** enzimi laccasi e perossidasi, estratti dal fungo *Trametes versicolor* ed attivi nei confronti dei composti fenolici
- **Microbiologica:** degradazione da parte di *Saccharomyces cerevisiae*, attivo nei confronti dell'acido acetico

Le criticità attuali – L'idrolisi

Chimica

IDROLISI

Enzimatica



Le criticità attuali – L'idrolisi

Le soluzioni in fase di sperimentazione

➤ **Chimica:**

opzione 1: H_2SO_4 al 70-77 % a 50 °C

opzione 2:

fase 1 (H_2SO_4 al 10 % a temperatura media)

fase 2 (H_2SO_4 al 30 % a 100 °C)

➤ **Enzimatica:**

endocellulasi (1,4- β -D-4-gluconidrolasi)

esocellulasi (1,4- β -D-glucon gluconidrolasi o cellodestrinasi):

β -glucoside gluconidrolasi

Le criticità attuali – La fermentazione

- L'idrolisi dell'emicellulosa determina la liberazione di zuccheri pentosi ed esosi
- I principali zuccheri pentosi rilasciati sono lo xilosio e l'arabinosio
- I principali microrganismi per la fermentazione dei pentosidi sono:

Escherichia coli, Thermoanaerobacter mathranii, Zymomonas mobilis




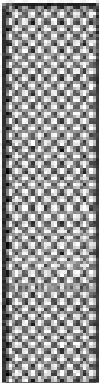

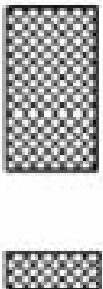
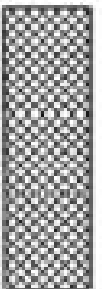
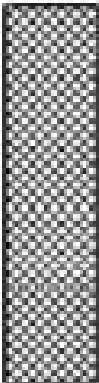

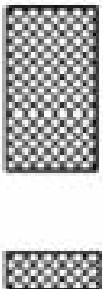
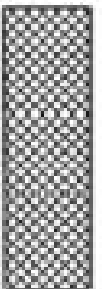
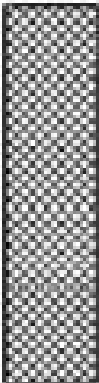


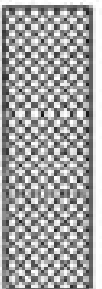
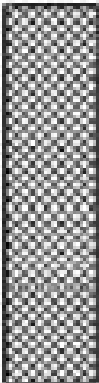
- Gli stessi microrganismi non sono altrettanto efficaci nella fermentazione degli zuccheri esosi
- Si adotta la co-fermentazione con due o più microrganismi

Le criticità attuali – La semplificazione

BIOLOGICALLY - MEDIATED EVENT

PROCESSING STRATEGY¹

(EACH BOX REPRESENTS A BIOREACTOR NOT TO SCALE)

	<u>SHP</u>	<u>SSP</u>	<u>SSCF</u>	<u>CBP</u>
CELLULOSE PRODUCTION				
CELLULOSE HYDROLYSIS				
FERMENTATION OF C ₆ SUGARS				
FERMENTATION OF C ₅ SUGARS				

¹SHP: SEPARATE HYDROLYSIS AND FERMENTATION.

SSP: SIMULTANEOUS SACCHARIFICATION AND FERMENTATION, SEPARATE PENTOSE FERMENTATION.

SSCF: SIMULTANEOUS SACCHARIFICATION AND CO-FERMENTATION.

CBP: CONSOLIDATED BIOPROCESSING.

Lo stato di applicazione

➤ Sono in corso di realizzazione alcuni impianti di taglia media:

un impianto della capacità produttiva di 3.200 t/anno a Osaka (Giappone)

un impianto della capacità produttiva di 1.100 t/anno in Louisiana (USA)

nel 2009 sarà concluso un impianto da 450.000 t/anno in Iowa (USA) su brevetto DuPont-Pioneer

Le potenzialità

- L'attuale costo di produzione del bioetanolo "ligno-cellulosico" è stimato in 700 €/t
- Ampio margine di riduzione del costo, a differenza delle altre materie prime

700 €/t dal mais

800 €/t dalla barbabietola

- Il bilancio energetico della filiera è 1,8-5,6:

1,1-2,5 dal mais

1,1-2,2 dalla barbabietola

- La produzione del bioetanolo "ligno-cellulosico" determina minori emissioni di CO₂:

0,5-1,1 kg/kg dal mais

0,4-1,1 kg/kg dalla barbabietola

Conclusioni

- Le proiezioni suggeriscono che i consumi energetici del settore dei trasporti aumenteranno, soprattutto in riferimento al gasolio
- Le potenzialità comunitarie ed italiane nei confronti del bioetanolo sono maggiori rispetto a quelle del biodiesel
- Attualmente il bioetanolo non è impiegato nei motori a ciclo Diesel, ma potrà esserlo se opportunamente sperimentato
- La possibilità di produrre il bioetanolo dalle biomasse ligno-cellulosiche è promettente poiché incrementa la disponibilità del biocarburante e riduce la dipendenza dalle importazioni