

PLS CHIMICA SALERNO

# Biodiesel e Bioraffinerie

Prof.ssa Anna MADAIO  
ITT "B. FOCACCIA" Salerno

Lezione proposta durante le attività teoriche previste nel percorso sperimentale

# EUROPA 20 20 20



Dopo il protocollo di Kyoto , per garantire un futuro sostenibile, l'UE si è fissata i seguenti obiettivi **entro il 2020** (anno di riferimento 1990)

ridurre di almeno il **20%** le emissioni di gas a effetto serra;

ridurre del **20%** il consumo energetico previsto;

aumentare al **20%** la quota delle energie rinnovabili nel consumo energetico totale;

**-20%**  
emissioni gas serra

**-20%**  
domanda di energia

**+20%**  
energie rinnovabili



aumentare ad almeno il **10% la quota dei biocarburanti** nel consumo totale di benzina e diesel, a condizione che siano commercialmente disponibili biocarburanti sostenibili **"di seconda generazione" ottenuti da colture non alimentari**;

# Energy Roadmap 2050

Documento della **commissione UE** per il passaggio ad una economia europea a basse emissioni di CO2

La roadmap fissa delle "tappe" di **riduzione delle emissioni di CO2**: 40% entro il 2030, 60 % entro il 2040, **80-95% entro il 2050**.



l'obiettivo che si è fissata l'UE per il **2050** è quello di ricavare oltre il **50% dell'energia** impiegata per la produzione di elettricità, nonché nell'industria, nei trasporti e a livello domestico, **da fonti che non emettono CO2**, vale a dire **da fonti alternative ai combustibili fossili**.



Tra queste figurano l'energia eolica, solare e idraulica, la **biomassa** e i **biocarburanti** ottenuti da materia organica, nonché l'idrogeno impiegato come combustibile.

Programmi di ricerca finanziati dall'UE contribuiscono a promuovere i progressi in questo campo e lo sviluppo di nuove tecnologie che consentano un uso più razionale dell'energia.

# BIOMASSE

Secondo la legislazione italiana ed europea:

“Per **biomassa** si intende la parte biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali) e dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani”

[cfr. articolo 2, comma 1 del Decreto legislativo n. 387 del 29 dicembre 2003 che ha recepito la norma europea per quanto riguarda strettamente la definizione di biomassa]

Da un punto di vista chimico le biomasse sono costituite da:

- **carboidrati (zuccheri, amidi, cellulosa)**
- **oli e grassi**
- **lignina**
- **proteine**

# BIOMASSE

**legname da ardere**

**residui agricoli e forestali**

**scarti dell'industria agroalimentare**

**reflui degli allevamenti**

**rifiuti urbani**

**specie vegetali coltivate per lo scopo**



# BIOMASSE

*La maggior parte della biomassa vegetale (circa il 75%) è costituita da polimeri di zuccheri .*

Lo zucchero è conservato in forma polimerica come cellulosa, amido o emicellulosa.

La cellulosa (30-50%) e l'emicellulosa (20-30%) insieme alla lignina (15-25%) costituiscono il sistema lignocellulosico (ad esempio il legno degli alberi) che è la parte strutturale delle piante

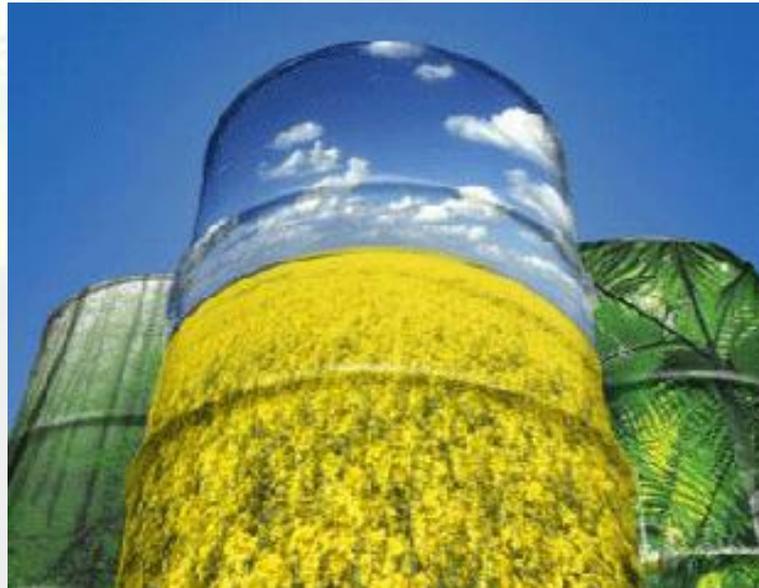
Dal punto di vista della produzione di **biocarburanti** risultano attualmente importanti il **saccarosio**, disaccaride presente in elevate concentrazioni in alcune specie vegetali (canna da zucchero, barbabietola) e i **trigliceridi** (oli) prodotti in elevate quantità dalle piante oleaginose (colza, soia, palma, etc.).



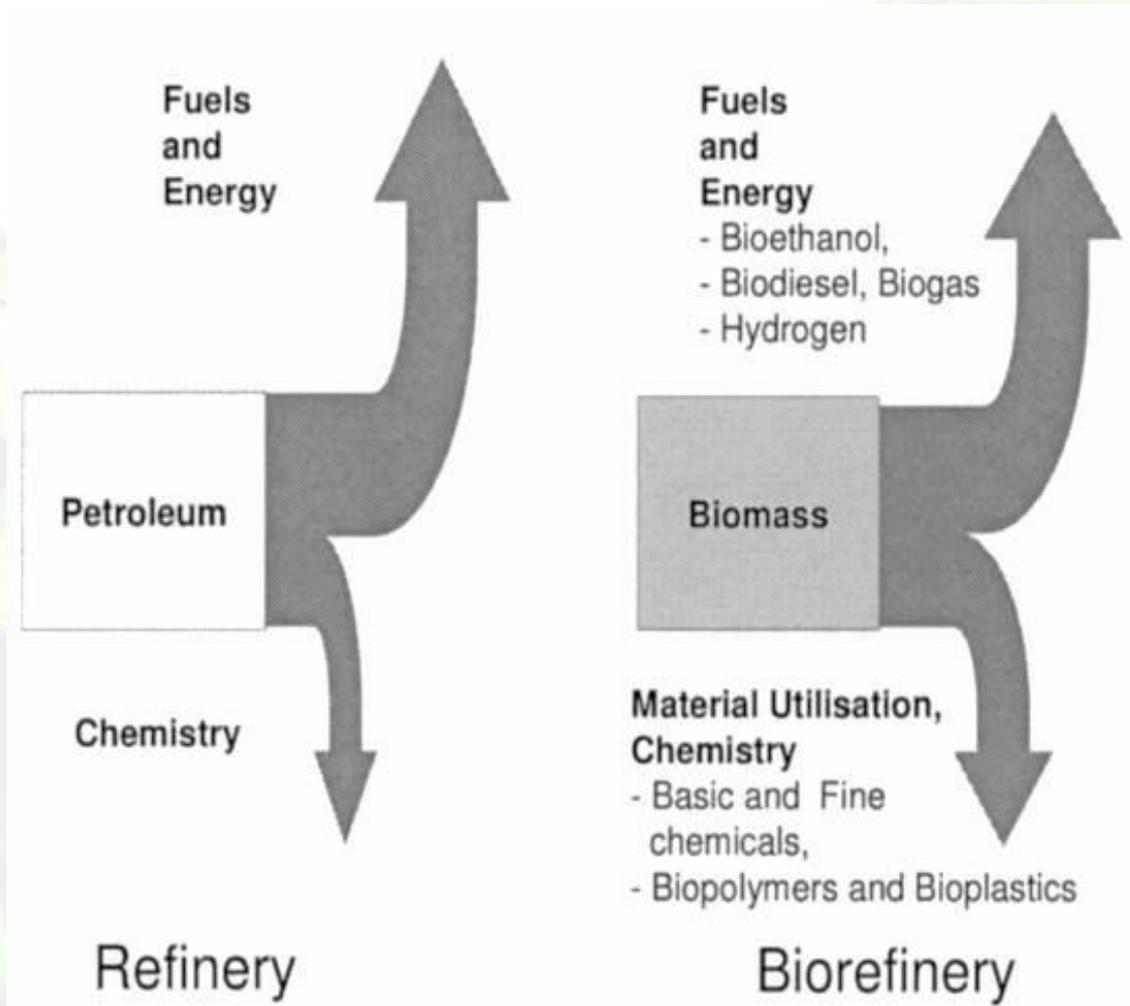
# Bioraffineria



La *National Renewable Energy Laboratory (NREL)* definisce le bioraffinerie come industrie in cui avvengono processi integrati che, partendo da biomasse, producano biocarburanti, energia e prodotti chimici, come le bioplastiche.

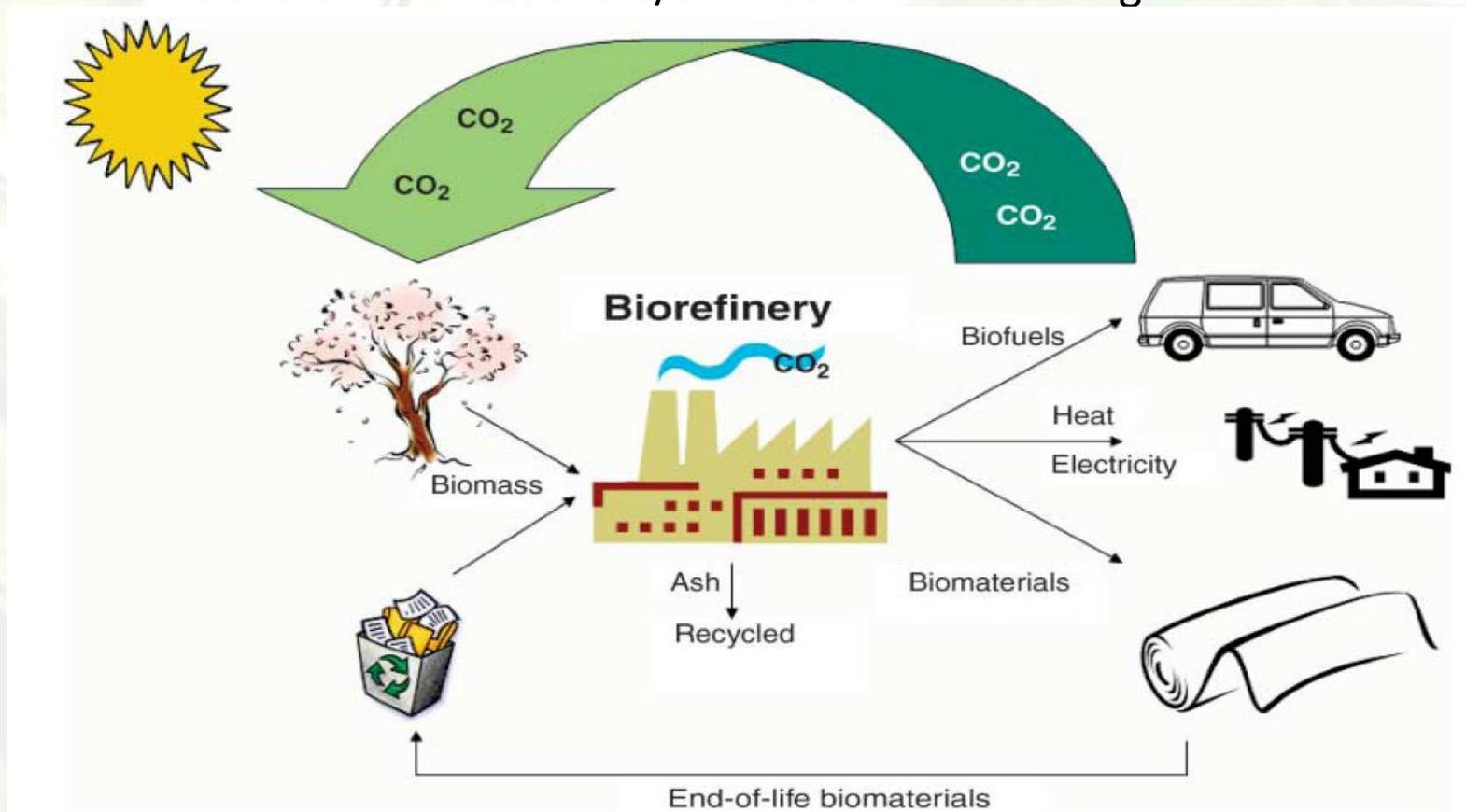


**Il concetto di bioraffineria è analogo a quello di raffinerie petrolifere che producono combustibili e prodotti chimici dal petrolio.**



# Bioraffineria

Utilizzo della parte principale della biomassa per la produzione di composti chimici di largo consumo o di molecole chimiche per successive trasformazioni chimico-fisiche ed enzimatiche e/o successive sintesi organiche.



Utilizzo della biomassa residua (tra il 10% e il 40% della biomassa iniziale ) per la produzione energetica

# Bioraffineria

Impiego potenzialmente integrale della biomassa vegetale come base per la produzione di molecole chimiche a ridotto impatto ambientale.



Per essere efficiente e funzionale, la **bioraffineria** deve possedere due requisiti fondamentali:

- Impianti di grosse dimensioni affinché i processi svolti siano tra loro integrati.
- Flessibilità per la distribuzione dei prodotti, tale da soddisfare le richieste del mercato

# Bioraffineria: classificazione

*Bioraffinerie di prima generazione*, caratterizzate da sistemi con capacità di processo fissa e privi di flessibilità con produzione di un prodotto principale (ad es. etanolo), ed un sottoprodotto (ad esempio il pannello residuo della fermentazione)

*Bioraffinerie di seconda generazione*, dotate di sistemi che possono produrre a partire da un prodotto base (ad esempio amido) diversi materiali per differenti utilizzazioni (come ad esempio nella produzione di bioplastiche).

*Bioraffinerie di terza generazione*, con sistemi che potrebbero consentire la produzione di molecole base per successivi processi chimici di sintesi a partire da biomassa agricola o forestale.



# Bioraffinerie di terza generazione



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia  
e lo sviluppo economico sostenibile



Ricerca & Sviluppo | Servizi a imprese e PA | Laboratori & Impianti | Attivita' internazionali | Produzione scientifica | Lavoro & Studio | Comunicazione

Tu sei qui: Home / Comunicazione / News / La bioraffineria di terza generazione per una chimica più verde

## La bioraffineria di terza generazione per una chimica più verde

28 marzo 2014



L'ENEA è tra i partner del progetto BIT3G – "Bioraffineria di terza generazione" per lo sviluppo di processi di produzione di biocarburanti a basso impatto ambientale. Novamont è il coordinatore del progetto, e gli altri partner sono: CNR, CRA, Università degli Studi di Perugia, Agrinewtech, Filarete Servizi e Matrica.

L'obiettivo è di realizzare una bioraffineria che sia integrata nel territorio, che partendo dall'identificazione delle aree che non sono di interesse agricolo e dallo studio delle colture no-food (es. le aridocolture), e rispettando la biodiversità locale, consenta di utilizzare la biomassa per ottenere prodotti di altro valore aggiunto attraverso processi tecnologici sostenibili.

Le attività dell'ENEA riguardano gli aspetti tecnologici del pretrattamento della materia prima ligno-cellulosica, lo sviluppo e l'ottimizzazione dei processi di produzione di prodotti ottenuti da biomasse.

Finanziato dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR), il progetto BIT3G rappresenta uno dei quattro progetti strategici di ricerca e sviluppo compresi nel Cluster Tecnologico Nazionale della Chimica Verde, che si pone l'obiettivo di rilanciare la chimica italiana sotto il segno della sostenibilità ambientale, sociale ed economica, stimolando la ricerca e gli investimenti in nuove tecnologie.

I cluster tecnologici rappresentano un modello di aggregazione ad alto livello di internazionalizzazione tra imprese ed organismi pubblici di ricerca.

[http://www.enea.it/it/Ricerca\\_sviluppo/fonti-rinnovabili/biomasse-e-biocombustibili](http://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/fonti-rinnovabili/biomasse-e-biocombustibili)

[http://www.enea.it/it/Ricerca\\_sviluppo](http://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo)

# BIOCARBURANTI



Carburanti liquidi o gassosi  
ottenuti in modo indiretto dalle  
**biomasse** o loro derivati



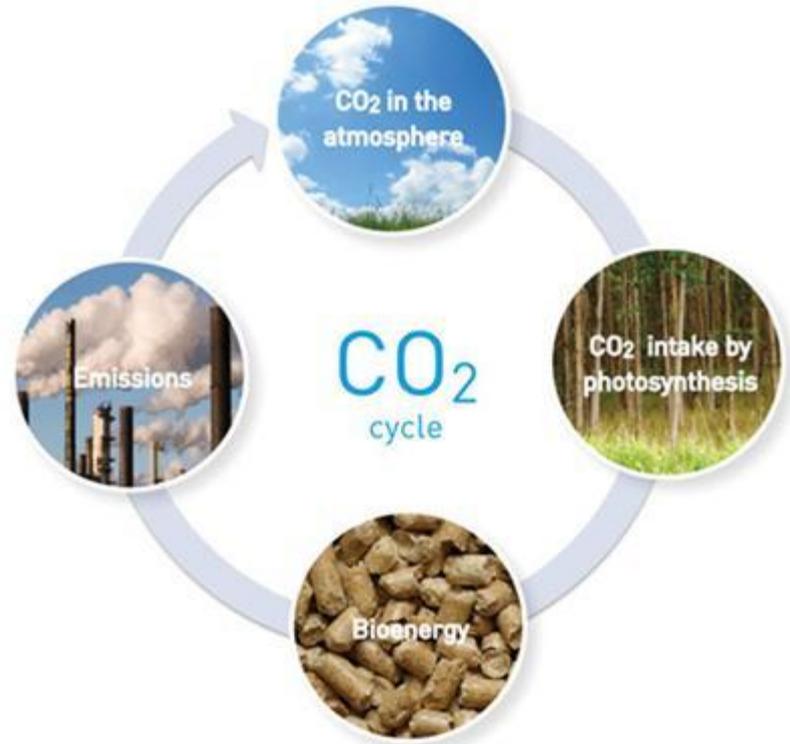
# Biocarburanti

Le materie prime da cui si ricavano i biocarburanti sono prodotti agricoli ottenuti per consumo di CO<sub>2</sub> atmosferica:

le piante utilizzano l'energia solare per trasformare biossido di carbonio ed acqua in zuccheri ed ossigeno mediante la sintesi clorofilliana.



La bioenergia, ossia l'energia generata dalla biomassa rinnovabile (piante e componenti della pianta) è considerata nel protocollo di Kyoto come energia a bilancio zero rispetto alla produzione di CO<sub>2</sub> poiché si considera che la CO<sub>2</sub> liberata nella combustione è equivalente a quella consumata dalla biomassa per crescere.



# Biocarburanti: vantaggi



I **vantaggi ambientali** tipici comuni a tutti i biocarburanti sono:

- la produzione di CO<sub>2</sub>, gas principale sospettato dell'effetto serra, è notevolmente inferiore a quella prodotta da combustibili fossili;
- sono fonti di energia rinnovabile;
- possiedono un contenuto di zolfo pressoché nullo e dunque mancata produzione dei relativi ossidi (responsabili delle piogge acide)
- sono biodegradabili e difficilmente autoinfiammabili e, pertanto, creano minori problemi dal punto di vista del trasporto e dello stoccaggio;
- possiedono buone proprietà chimico-fisiche in termini di potere calorifico, potere antidetonante e punto di volatilizzazione



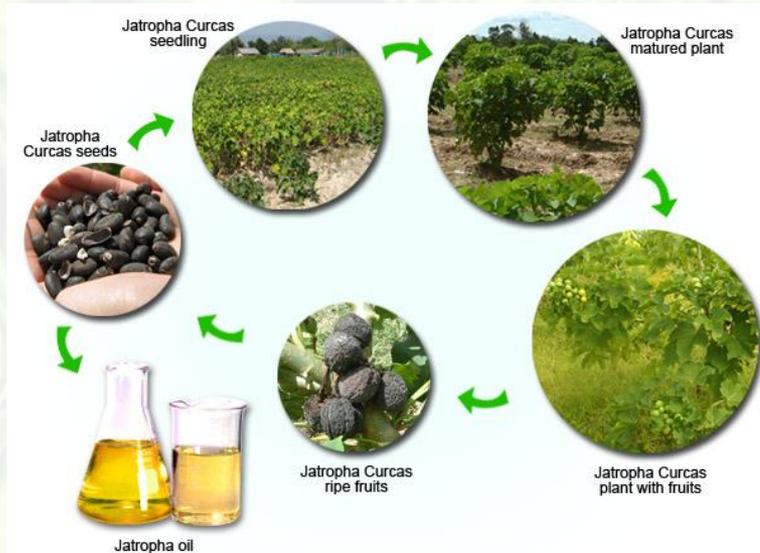
# I biocarburanti di prima generazione

Utilizzano materie prime in diretta competizione con il settore zootecnico e agroalimentare

## Bioetanolo

ricavato da colture ricche di carboidrati (zuccheri ed amidi) quali canna da zucchero, cereali, barbabetola, ecc.,

*Può essere utilizzato nei motori che utilizzano benzina*



## Biodiesel

derivato da colture oleaginose quali colza, girasole, soia e brassicacee in ambienti temperati  
palma, jatropha e altri in ambienti tropicali.

*Può essere usato nei motori a ciclo Diesel*

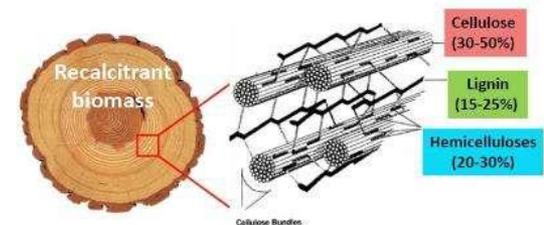
# I biocarburanti di seconda generazione

Utilizzano materia prima non in competizione con l'industria alimentare

Scarti di materiale lignocellulosico, derivante da lavorazioni di foreste, agricoltura, industria alimentare, **oli esausti**, parte organica di rifiuti solidi urbani.



## Lignocellulose biorefinery



Polysaccharides are the major building blocks of the cell wall.

**But:** Cell walls are very hard to digest into sugars.

# I biocarburanti di terza generazione

Utilizzano colture che non sono assolutamente in competizione con l'industria alimentare. Utilizzano terreni marginali, desertici o addirittura il mare

Esempio: Colture di **microalghe** ad alto tenore lipidico e zuccherino da cui ottenere rispettivamente biodiesel e bioetanolo.

## MIGLIORAMENTO GENETICO

Con **processi di ingegneria genetica** si tenta di migliorare la resa di colture arboree dedicate.

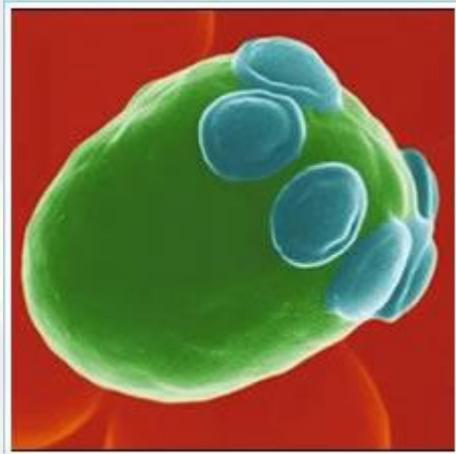
- **alberi di pioppo** con bassi contenuti di lignina per rendere il processo di lavorazione più facile.
- **sorgo** e **mais** modificati per ottenere una maggiore produzione di olio.

# I biocarburanti di quarta generazione

**Utilizzo di microrganismi geneticamente modificati in laboratorio** (principalmente microalghe e batteri) in grado di catturare grandi quantità di CO<sub>2</sub>, in modo tale che questi come rifiuto producano combustibile.

La chiave per l'intero processo è l'utilizzo del gas serra CO<sub>2</sub>, un sistema che rende la produzione di biocarburante di 4° generazione un processo davvero interessante.

Tuttavia, l'anello debole ancora della catena risulta nella tecnologia in grado di catturare la CO<sub>2</sub> pura per fornirla ai microbi.



<http://www.genitronsviluppo.com/2008/06/17/la-genetica-salvera-il-pianeta-intervista-a-craig-venter-per-capire-cosa-significa-biocarburante-di-4%C2%B0-generazione-il-futuro-nella-biologia-e-nella-cattura-della-co2/>

# BIODIESEL

**Il Biodiesel** è un prodotto naturale utilizzabile come carburante in **autotrazione** e come combustibile nel **riscaldamento**, sia puro (al 100%) sia in miscela con gasolio in qualsiasi proporzione.

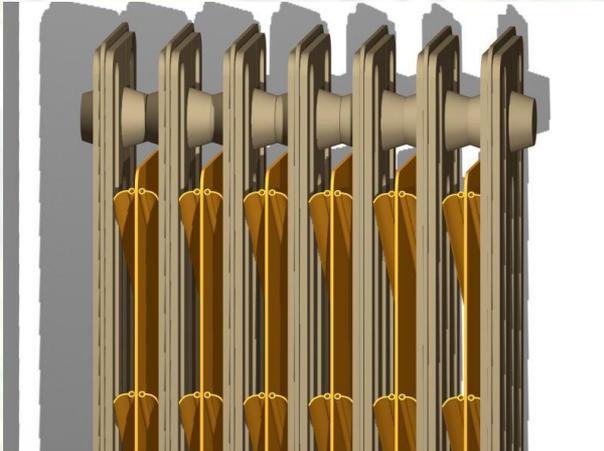
Per l'identificazione delle miscele di biodiesel si ricorre alla siglatura BD.

Al **biodiesel puro** viene assegnata la sigla **BD100**,

Alle **miscele** un numero corrispondente alla percentuale di biodiesel contenuto (*ad esempio, BD20 per un gasolio tagliato al 20% con biodiesel*).

# BIODIESEL

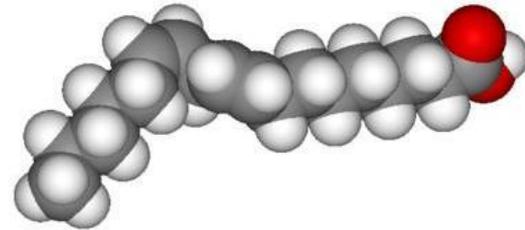
Il **Biodiesel** garantisce un rendimento energetico pari a quello dei carburanti e dei combustibili minerali ed un'ottima affidabilità nelle prestazioni dei veicoli e degli impianti di riscaldamento.



L'**utilizzo** del biodiesel può essere **diretto** poiché non richiede alcun tipo d'intervento sulla produzione dei sistemi che lo utilizzano (motori e bruciatori).

# COMPOSIZIONE OLIO VEGETALE

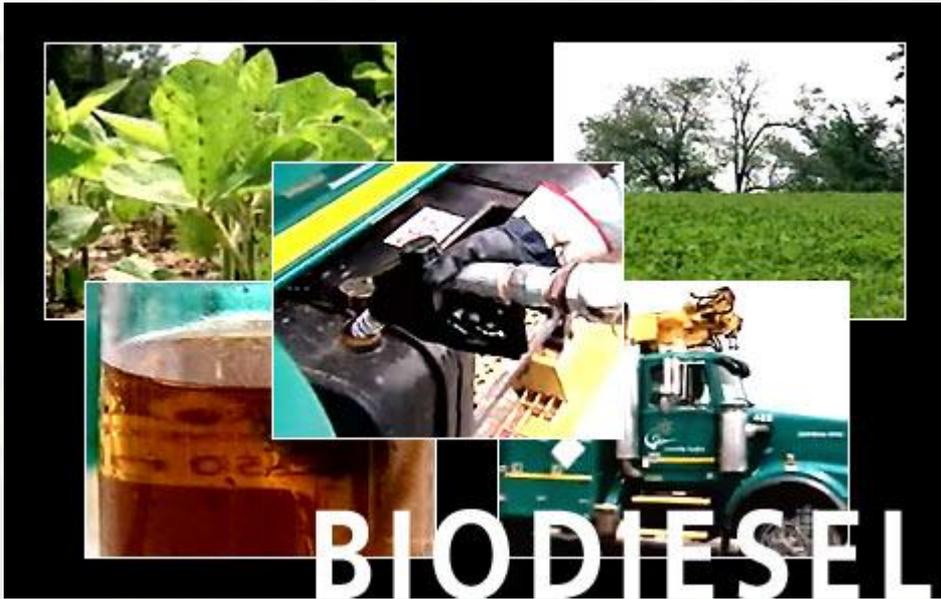
- Acidi grassi liberi
- Glicerolo
- **Monogliceridi, Digliceridi, Trigliceridi**
- Fosfatidi
- Lipoproteine
- Glicolipidi
- Cere
- Terpeni e altri composti



*Trigliceride insaturo (tipico degli olii vegetali)*

# BIODIESEL: composizione

Esteri metilici derivanti dalla transesterificazione con metanolo di oli vegetali o grassi animali in catalisi alcalina. Gli esteri contengono un numero di atomi di carbonio da C14 a C22 e con vari gradi di insaturazione



# REAZIONE DI TRANSESTERIFICAZIONE

Le materie prime necessarie sono **oli vegetali**, anche usati, ottenuti dalla spremitura di semi oleaginosi di colza, soia, girasole ecc.. e seguita da una reazione di transesterificazione dei trigliceridi (oli o grassi) con metanolo.



La reazione di transesterificazione porta alla formazione di una miscela di **esteri metilici di acidi grassi** e di **glicerina** quale “sottoprodotto” nobile dall’elevato valore aggiunto, della quale sono noti oltre 800 diversi utilizzi.

# Utilizzo della glicerina



**industria farmaceutica:** come solvente e come supporto umido nella produzione di pastiglie.

**industria del tabacco:** viene utilizzata per preservare il prodotto dall'essiccazione.



**industria alimentare:** viene utilizzata per la produzione di sciroppi, bibite, prodotti da forno, conservazione della frutta e degli ortaggi.



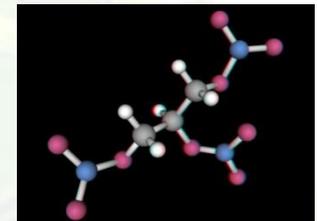
**industria degli adesivi, delle plastiche e delle vernici:** condensata con acidi (normalmente acido acetico), è utilizzata per produrre resine.



**agricoltura:** come additivo per impiego fitoiatrico e per la produzione di imballaggi per piante e spray.



Un importante estere della glicerina inorganica è la **trinitroglicerina** utilizzata nella preparazione degli esplosivi.



# Utilizzo della glicerina



**industria tessile e del cuoio:** nei processi galvanici come agente protettore delle superfici metalliche.

**laboratori microbiologici:** può servire da terreno di coltura per procedimenti biologici.



**industria cosmetica:** importante materia prima per la produzione di sapone. Non manifestando effetti di tossicità e di allergenicità, si presta per la preparazione di numerosi prodotti cosmetici: dentifrici, creme, ecc.

**allevamento animale :** come integratore alimentare nella dieta del suino (al 5%). Anche la soluzione acquosa, che ovviamente non comporta costi di raffinazione, può essere utilizzata nell'alimentazione zootecnica.

**impianti di riscaldamento:** come combustibile



# Aspetti ambientali relativi all'utilizzo del biodiesel

Il biodiesel:

- **non contribuisce all'effetto serra** poiché restituisce all'aria solo la quantità di anidride carbonica utilizzata dalle coltivazioni durante la loro crescita;
- **riduce le emissioni di monossido di carbonio** (- 35%) e di idrocarburi incombusti (- 20%) emessi nell'atmosfera;
- **non contenendo zolfo**, non produce una sostanza altamente inquinante come il biossido di zolfo e consente maggiore efficienza alle marmitte catalitiche;
- **diminuisce**, rispetto al gasolio, la **fumosità dei gas di scarico** emessi dai motori diesel e dagli impianti di riscaldamento (-70%)
- **non contiene** sostanze pericolosissime per la salute quali gli **idrocarburi aromatici** (benzene, toluene ed omologhi) o **policiclici aromatici**.
- **unico limite** : gli ossidi di azoto non sono ridotti in modo significativo.  
(Mediamente si parla di un aumento delle emissioni di NOx del 10-13% rispetto al gasolio a causa dell'elevato contenuto di ossigeno del biocombustibile)

# Aspetti ambientali relativi all'utilizzo del biodiesel

La produzione del biodiesel è del tutto **ecologica**, poiché non presuppone la generazione di residui o scarti di lavorazione.

- è **biodegradabile**, cioè se disperso si dissolve nell'arco di pochi giorni, mentre gli scarti dei consueti carburanti permangono molto a lungo.
- è **rinnovabile**, in quanto ottenuto dalla coltivazione di piante oleaginose di ampia diffusione,

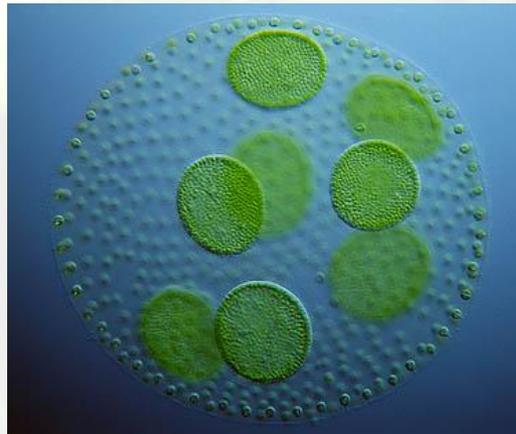


# Le nuove frontiere del biodiesel

- Oli esausti



- Lieviti oleaginosi



- Microalghe

# Oli esausti

L'olio alimentare esausto è un **residuo** che proviene dalla **frittura di oli di semi vegetali, e raramente da olio d'oliva**; le alte temperature a cui viene sottoposto causano una modifica della sua struttura polimerica.

Ossidandosi questa assorbe le sostanze inquinanti derivanti dalla carbonizzazione dei residui alimentari. Quest'ultimi hanno l'aspetto di un fluido viscoso e denso, un colore variabile che va dal giallo al rosso-bruno, e un odore abbastanza sgradevole.

L'olio è un rifiuto speciale non pericoloso che deve essere recuperato tramite la raccolta differenziata e conferito ad aziende raccogliatrici autorizzate iscritte al **C.O.N.O.E.** (Consorzio Obbligatorio Nazionale di raccolta e trattamento di Oli vegetali e grassi animali esausti).

*Il consorzio nazionale per il recupero di oli esausti raccoglie oggi circa 27mila tonnellate di olio vegetale esausto*



# Biodiesel dagli oli esausti

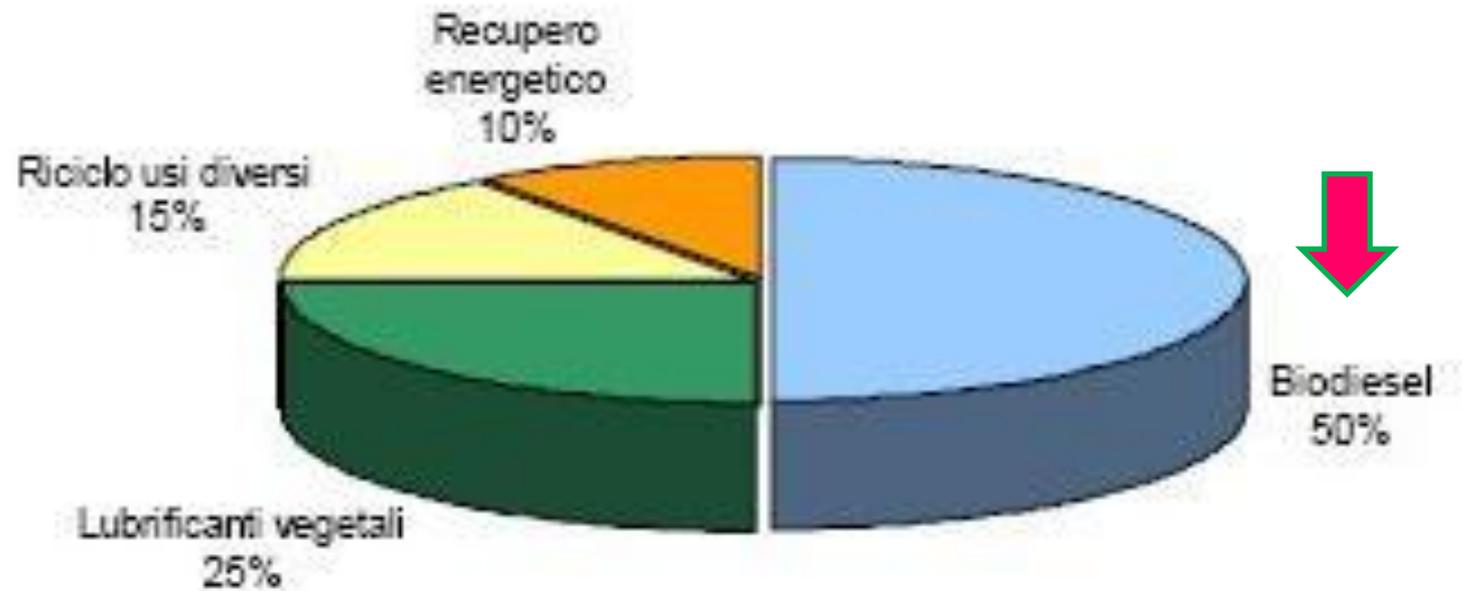
L'olio alimentare esausto, dopo un processo di rigenerazione, diventa sostanza grezza e in relazione al grado di purezza e trasparenza raggiunto è riciclabile come base per svariati prodotti:

- Olio lubrificante minerale (fino al 20-30%), produzione di asfalti e bitumi.
- Negli impianti di cogenerazione, in genere cementifici, ed altro (circa 20% del residuo)
- **Biodiesel per trazione**, carburante altamente biodegradabile
- Altri usi industriali, la produzione di mastici, collanti e saponi industriali

L'olio vegetale esausto, accanto agli estratti di semi vegetali, viene quindi usato come base di partenza per produrre il biodiesel o gasolio ecologico, quindi **il prodotto viene notevolmente nobilitato passando da rifiuto a combustibile ecologico.**



# Utilizzo degli oli esausti



# Lieviti oleaginosi

**Biodiesel di seconda generazione** si può produrre partendo da microrganismi (lieviti) in grado di crescere su **idrolizzati lignocellulosici** e produrre trigliceridi con le stesse caratteristiche degli oli vegetali.

Il ceppo di lieviti selezionato per il processo mostra un profilo lipidico simile all'olio di palma con un contenuto di **trigliceridi fino al 96%**, e può essere impiegato per ottenere idrocarburi (diesel verde) pienamente compatibili con gli attuali motori automobilistici.

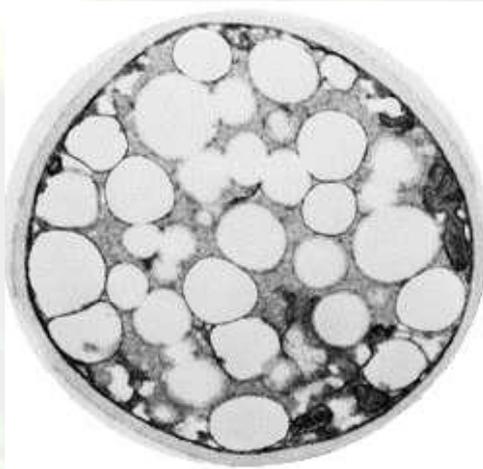
Il processo si compone di tre fasi:

- fermentazione dell' idrolizzato lignocellulosico
- lisi delle cellule microbiche ed estrazione dell'olio endocellulare
- recupero dell' olio microbico.

# Lieviti oleaginosi

## Proprietà dei lieviti oleaginosi:

- Alta produttività in lipidi (**fino al 70% sul peso secco della cellula**)
- Alta produttività in biomassa (>100 g/l)
- Capacità di crescere su tutti gli zuccheri (C5 e C6) derivati da biomasse lignocellulosiche
- I lipidi prodotti sono equivalenti agli oli vegetali e possono essere utilizzati nei processi per la produzione di **biodiesel**



*I lipidi sono **endocellulari** e sono immagazzinati come riserva di energia nei **lipid bodies***

*Cryptococcus curvatus*

# MICROALGHE

Microrganismi in grado di crescere rapidamente e vivere in diverse condizioni ambientali, sia acquatiche che sub-areali.

Esistono più di 50.000 specie di microalghe, raggruppabili in

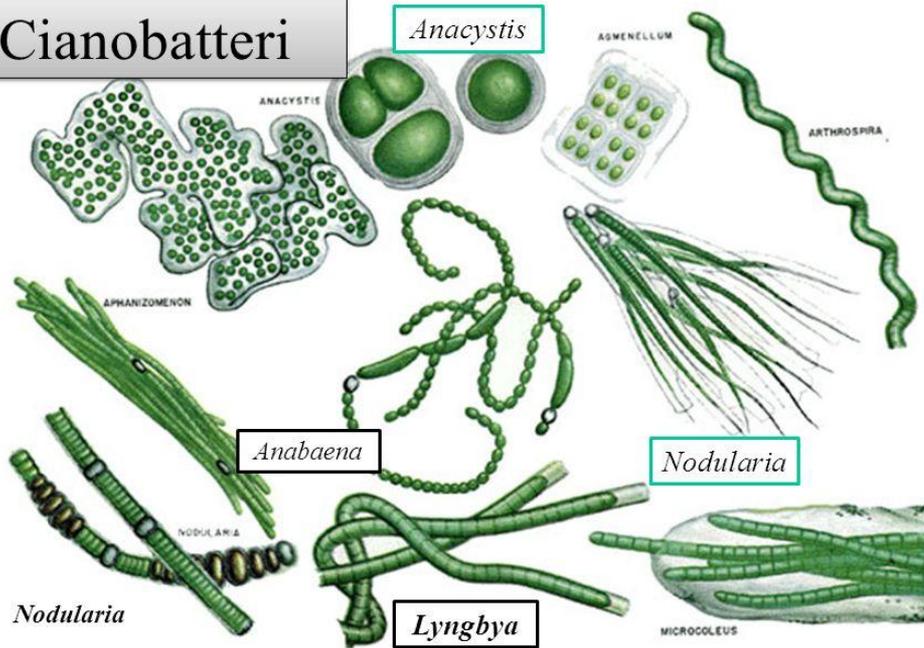
- **procariote** (*Cyanobacteria*),
- **eucariote** (*Chlorophyta*)
- **diatomee** (*Bacillariophyta*), caratterizzate da un contenuto lipidico che varia dal 20 al 70% e in determinate condizioni alcune specie possono raggiungere anche il 90%

Le microalghe **assorbono la luce del sole e assimilano la CO<sub>2</sub> ambientale** per produrre una vasta gamma di molecole interessanti tra cui:

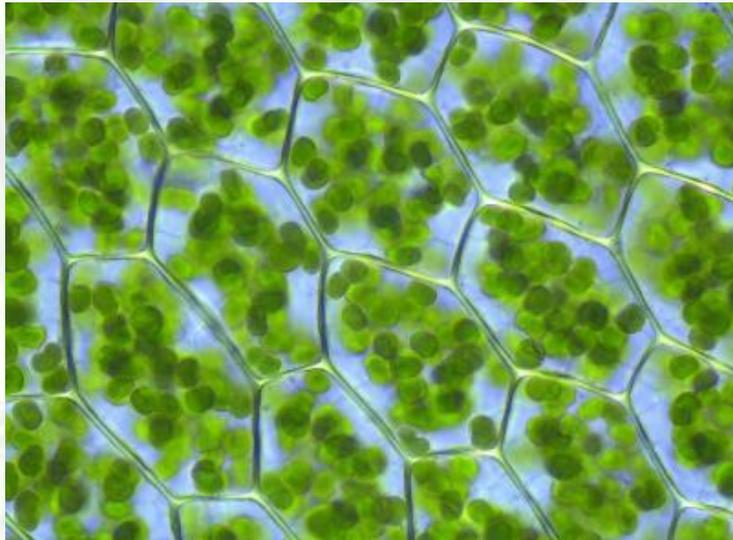
- **trigliceridi** utilizzabili per la produzione di biodiesel
- **carotenoidi o gli acidi grassi omega-3/6 a catena lunga**, molecole con azione nutraceutica

Inoltre, esse possono essere ingegnerizzate per produrre **farmaci**.

# Cianobatteri



## Microalghe: Cianobatteri



**Batteri fotosintetici** chiamati anche **alghe azzurre**, **alghe verdi azzurre** o **Cianoficee**.

Organismi unicellulari **procarioti**, fotoautotrofi, e costituiscono uno dei 23 phyla del regno dei Bacteria.

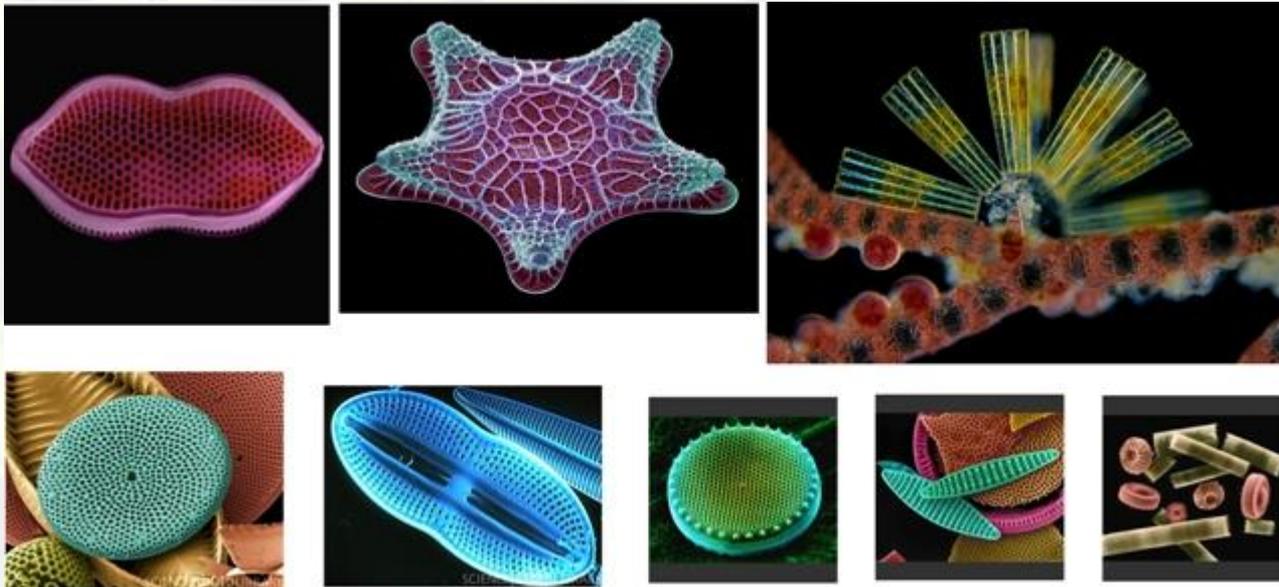
# Microalghe: Clorofite

Le **Chlorophyta (Clorofite)** sono alghe unicellulari, **eucariote**, coloniali e pluricellulari anche di grandi dimensioni e comprendono la maggior parte di quelle che sono chiamate comunemente **alghe verdi**.



# Microalghe: Diatomee

- Le **Diatomee** (Regno *Protista*, Divisione *Bacillariophyta*, Classe *Bacillariophyceae*) sono alghe brune, unicellulari, **eucariotiche**, generalmente delle dimensioni di pochi  $\mu\text{m}$ , possono vivere isolate o formare colonie e popolare ambienti diversi sia d'acqua dolce che salata.
- Sono provviste di clorofilla e altri pigmenti e la parete cellulare (detta frustulo) è impregnata di silice e costituita da due valve (epivalva, ipoalva).



# Microalghe: Contenuto lipidico

| Microalga                 | Contenuto lipidico (% s.s.) |
|---------------------------|-----------------------------|
| Ankistrodesmus sp.        | 24-31                       |
| B. braunii                | 25-75                       |
| Botryococcus braunii      | 25-75                       |
| Chaetoceros calcitrans    | 16-40                       |
| Chaetoceros muelleri      | 33                          |
| Chlorella                 | 18-57                       |
| Dunaliella sp.            | 17-67                       |
| Ellipsoidion              | 27                          |
| Isochrysis sp.            | 25-33                       |
| Monallanthus salina       | 22                          |
| Nannochloris sp.          | 20-56                       |
| Nannochloropsis sp.       | 12-68                       |
| Neochloris oleabundans    | 29-65                       |
| Nitzschia sp.             | 16-47                       |
| Pavlova lutheri           | 35                          |
| Pavlova salina            | 31                          |
| Phaeodactylum tricornutum | 18-57                       |
| Prymnesium parvum         | 22-38                       |
| Scenedesmus dimorphus     | 16-40                       |
| Scenedesmus obliquus      | 11-55                       |
| Schizochytrium sp.        | 50-77                       |
| Skeletonema               | 13-51                       |
| Spirulina                 | 4-9                         |
| Stichococcus              | 33                          |



PHOTO: DAVID YELLEN

**TABELLA 1** Contenuto lipidico per specie microalgale

Fonti: elaborazione propria dati Ahmad AL. 2011; Bruton T. et al. 2009; Chisti Y. 2007; Demirbas A, Demirbas MF. 2011; Mata TM. et al. 2010; Singh J., Gu S. 2010

# Microalghe vs colture tradizionali

Rispetto alle colture energetiche tradizionali (soia, girasole, colza, ecc.) le **microalghe conseguono produzioni di oli molto superiori.**

| Materia prima                          | Contenuto lipidico (% olio/s.s.) | Rendimento in olio (L olio/ha) | Suolo utilizzato (m <sup>2</sup> /kg biodiesel) | Resa in biodiesel (kg biodiesel/ha) |
|--|----------------------------------|--------------------------------|---|-------------------------------------|
| Mais                                   | 4                                | 172                            | 66  | 152                                 |
| Soia                                   | 18                               | 446-636                        | 18  | 562                                 |
| Jatropha                               | 28                               | 741-1.892                      | 15  | 656                                 |
| Camelina                               | 42                               | 915                            | 12  | 809                                 |
| Colza                                  | 41                               | 974                            | 12  | 946                                 |
| Girasole                               | 40                               | 1.070                          | 11  | 1.156                               |
| Olio di palma                          | 36                               | 5.366-5.950                    | 2   | 4.747                               |
| Microalghe (basso contenuto in olio)   | 30                               | 58.700                         | 0,2   | 51.927                              |
| Microalghe (medio contenuto in olio)   | 50                               | 97.800                         | 0,1   | 86.515                              |
| Microalghe (elevato contenuto in olio) | 70                               | 136.900                        | 0,1   | 121.104                             |

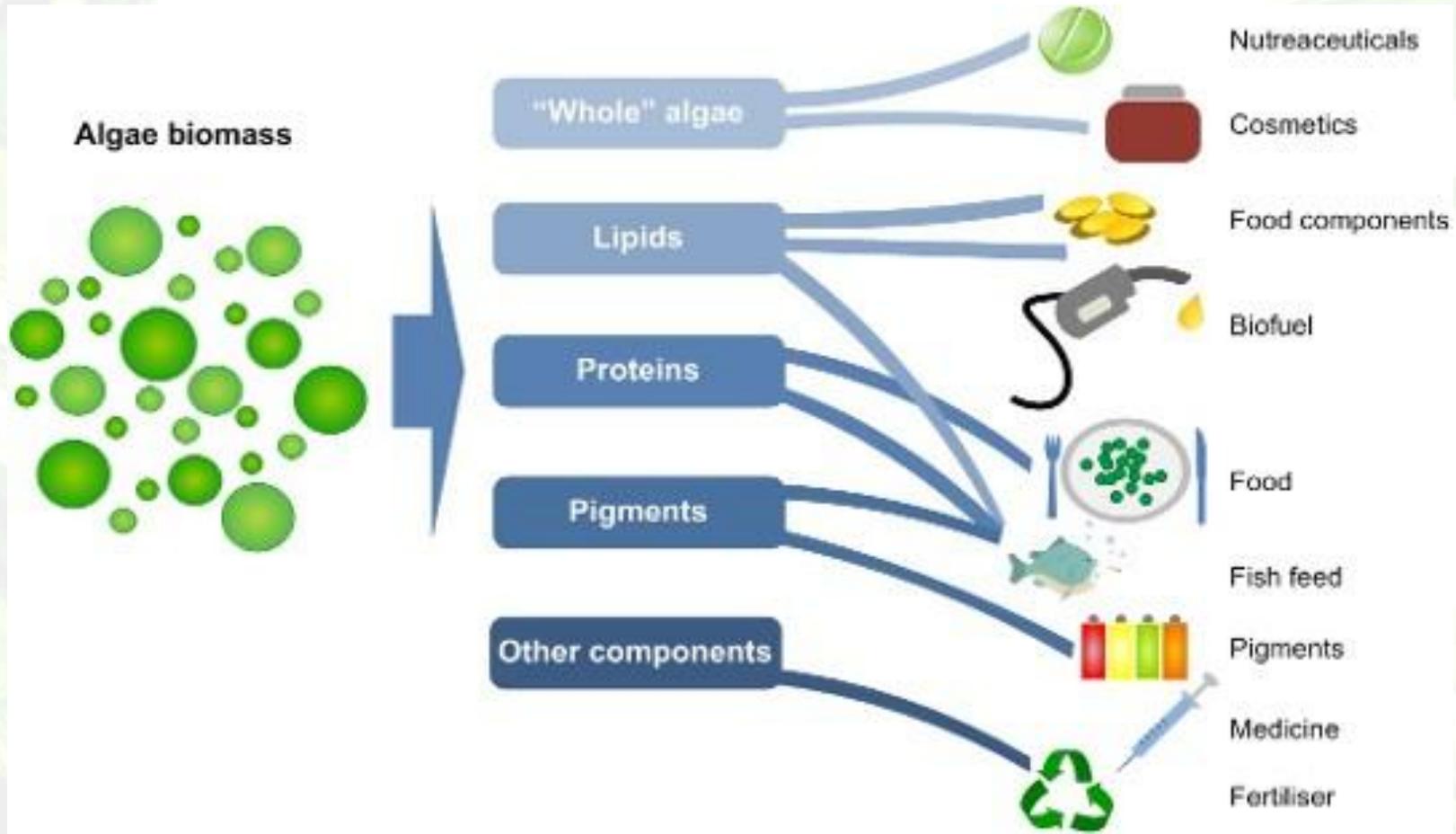
**TABELLA 2** Confronto tra le microalghe e le altre colture oleaginose per la produzione di biodiesel

Fonti: elaborazione propria dati Chisti Y. 2007; Demirbas A, Demirbas MF. 2011; Lagioia G. et al. 2011; Mata TM. et al. 2010

# Caratteristiche merceologiche del biodiesel prodotto da microalghe e da altre colture oleaginose e del diesel fossile

| <i>Proprietà</i>                            | <i>Biodiesel da alghe</i> | <i>Biodiesel da soia</i> | <i>Biodiesel da colza</i> | <i>Biodiesel da girasole</i> | <i>Diesel</i> |
|---|---------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------|
| Densità (kg/L)                              | 0,864                     | 0,884                    | 0,882                     | 0,860                        | 0,838         |
| Viscosità (mm <sup>2</sup> /s, cSt a 40 °C) | 5,2                       | 4                        | 4,83                      | 4,6                          | 1,9-4,1       |
| Flash point (°C)                            | 115                       | 131/178                  | 155/180                   | 183                          | 75            |
| Punto di solidificazione (°C)               | -12                       | -4                       | -10,8                     | -7                           | -50/+10       |
| Punto di intorbidamento (°C)                | 2                         | 1                        | -4/-2                     | 1                            | -17           |
| Numero di cetano                            | 52                        | 45/51                    | 53/56                     | 49                           | 40-55         |
| PCI (MJ/kg)                                 | 41                        | 37,8                     | 37,2                      | 38,9                         | 42            |

# Microalghe: applicazioni



Chimica fine, nutraceutica, produzione di farmaci

# Microalghe: principali mercati

**Alimentare:** Per la produzione di prodotti nutrizionali e farmaceutici o per il consumo umano. Proteine, Oli con Omega 3/6, integratori alimentari, ecc.

**Mangimi:** Acquacoltura, cibo sia per animali domestici, da reddito o per alimentare allevamento di pesci.

**Carburante:** Bio-carburante, biodiesel, bio-etanolo, bio-gas, idrogeno, combustibile per aerei, ecc.

**CO<sub>2</sub>:** Capacità di assorbire la CO<sub>2</sub> e convertire un costo effettivo in profitto. E' il modo più economico per assorbire la CO<sub>2</sub>.

**Industria:** Produzione di pigmenti ad uso industriale, bio-plastica ed altri additivi.

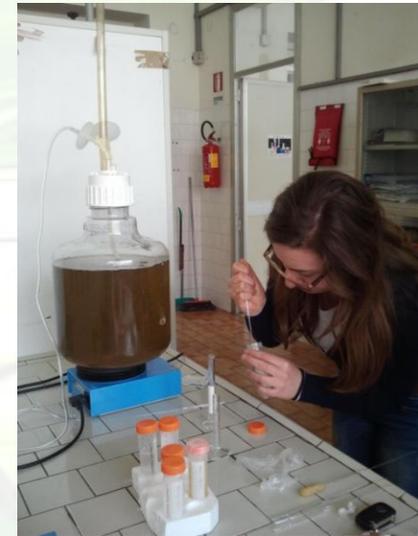
# Microalghe: vantaggi

Vantaggi rispetto alle piante terrestri:

- crescono velocemente e, potenzialmente, tutto l'anno;
- possono essere coltivate su terreni marginali o desertici;
- hanno bisogno di molta meno acqua per kg di biomassa prodotta rispetto alle colture terrestri;
- molti ceppi possono essere coltivati in acque saline o salmastre;
- sono in grado di sequestrare la CO<sub>2</sub> dai gas di combustione di impianti industriali;
- alcuni ceppi accumulano grandi quantità (30-40% sul peso secco) di trigliceridi, adatti per la produzione di biodiesel,
- altri accumulano amido, adatto per la produzione di bioetanolo;
- non richiedono l'applicazione di erbicidi o pesticidi;
- alcuni ceppi possono essere utilizzati per scopi di biorisanamento.

# Microalghe: coltivazione

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| Specie di alghe             | Influenza il tipo di prodotto che si vuole produrre; per la produzione del biodiesel si preferiscono le alghe con un più elevato contenuto in olio e un più veloce tasso di crescita.          |
| Aerazione e CO <sub>2</sub> | Le alghe necessitano di aerazione per fissare la CO <sub>2</sub> e crescere; si potrebbe utilizzare una fonte secondaria di CO <sub>2</sub> , come i gas di scarico delle centrali elettriche. |
| Nutrienti                   | La composizione del suolo e/o dell'acqua influenza il tasso di crescita delle alghe; l'impiego di acque reflue, con elevata concentrazione di azoto, stimolerebbe la crescita delle alghe.     |
| Luce                        | Di solito per la fotosintesi si impiega la luce solare; sono però in corso di sperimentazione alcuni impianti, più costosi, che impiegano fonti luminose artificiali per la crescita al buio.  |
| Livello pH                  | La crescita ottimale delle alghe necessita un pH tra 7 e 9, valore che può essere influenzato dalla quantità di CO <sub>2</sub> e dei nutrienti.   |
| Miscelazione                | Affinché tutte le cellule delle alghe siano ugualmente esposte alla luce e per evitare la sedimentazione è necessaria la loro miscelazione.  |
| Temperatura                 | Alcune specie di alghe richiedono temperature miti durante la crescita (20-30 °C).   |



**TABELLA 3** I principali fattori che influenzano la crescita delle alghe

Fonti: elaborazione propria dati Chisti Y. 2007; Lagioia G. et al. 2011; Thurmond W. 2011

# Microalghe: coltivazione

Le microalghe necessitano per crescere di ambienti acquatici o possono essere impiantate in **sistemi aperti**, come ad esempio piccoli laghi o vasche agitate con pale meccaniche, o in **sistemi chiusi**, bioreattori adibiti alla loro produzione

**Le colture in specchi d'acqua** sono di solito esposte alle variazioni climatiche e all'invasione di agenti predatori, e danno rese generalmente inferiori a quelle ottenibili in sistemi chiusi.

**I bioreattori necessitano di sistemi di refrigerazione**, in quanto l'intensa attività metabolica delle cellule algali in volumi limitati genera calore che deve essere smaltito, e di **sistemi che consentano la fuoriuscita di parte dell'ossigeno** prodotto dalla fotosintesi, che, al di sopra di certi valori di pressione parziale, diventa tossico per le stesse alghe che lo liberano.





# Microalghe: coltivazione

La crescita in sistemi chiusi si presenta più conveniente poiché è possibile raccogliere alghe a concentrazioni più elevate in volumi colturali minori rispetto a quelli tipici delle colture in campo aperto.

Le alghe, una volta raccolte, possono essere trattate mediante processi diversi per ottenere i trigliceridi in esse presenti.

All'aumentare della quantità di alghe aumenta la produzione di biomassa con il raggiungimento di tempi di raddoppiamento minori a 4 ore. L'olio contenuto nelle microalghe può superare l'80% della biomassa secca, ma è noto che a percentuali elevate di trigliceridi corrispondono scarse velocità di produzione.

A seconda della loro specie, le microalghe producono vari tipi di lipidi, di idrocarburi e di oli complessi.

The background of the slide is an abstract, fluid-like composition of vibrant green and black colors. The green is in various shades, from bright lime to deep forest green, and is interspersed with black, creating a sense of movement and depth. The overall effect is reminiscent of liquid splashes or a marbled texture.

PLS CHIMICA SALERNO

Fine

Prof.ssa Anna MADAIO  
ITT "B. FOCACCIA" Salerno