


**Biorefinery**

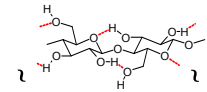
PREF – Massabruket som bioraffinaderi  
 Birgit Backlund, Innventia



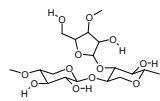
**Kemisk massatillverking ger stora mängder organiska biprodukter**

Ved till  
massa-  
processen

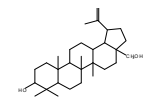
**Cellulosa**



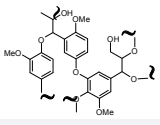
**Kol-  
hydrater**




**Extraktiv-  
ämnen**



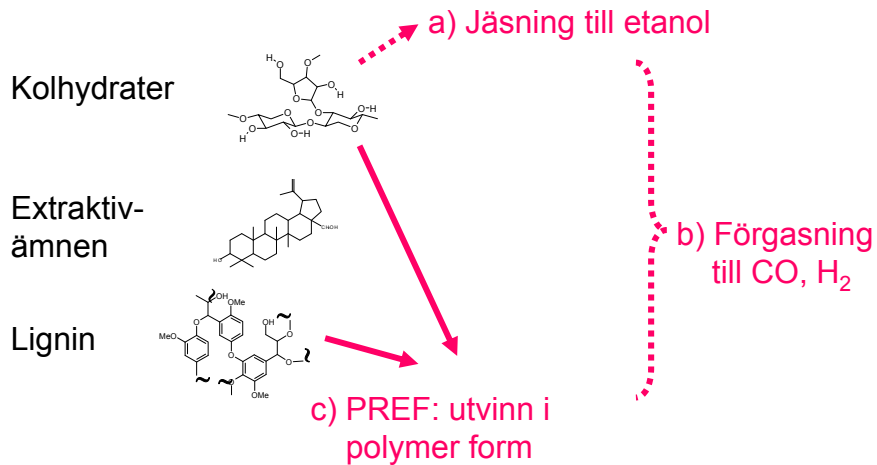
**Lignin**



2010-04-06  
 2  
 Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Några principer för vedbaserade bioraffinaderier

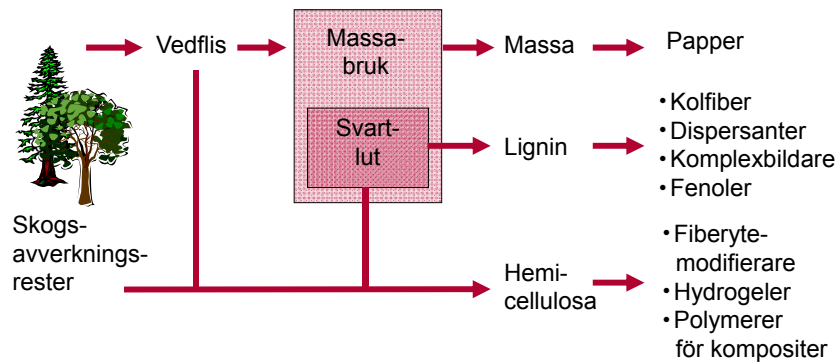


2010-04-06  
3

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## PREFs vision: Sulfatbruket som bioraffinaderi



2010-04-06  
4

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Projektet PREF (Pulp Mill Biorefinery)

- **Mål:** utveckla processer, system och produkter för ett bioraffinaderi - baserat på sulfatbruket - där organiska biprodukter används för tillverkning av material och kemikalier med högt förädlingsvärde
- **Budget:** 22 MSEK
- **Huvudsakliga utförare:** Innventia (koordinator), KTH, Chalmers, Lunds Tekniska Högskola och Akzo Nobel
- **Finansiärer:**
  - Vinnova
  - Södra, Stora Enso, M-Real, UPM-Kymmene, Aracruz, Alabama River Pulp, Mercer, Weyerhaeuser, Sappi
  - Akzo Nobel, Perstorp, Kemira
- **Projektid:** 1/10 2007 - 31/12 2008

2010-04-06  
5

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Områden och projektledare i PREF

### Koordinering

- Birgit Backlund, Innventia

### Processer

- Karin Lindgren, Fredrik Lundqvist, Fredrik Öhman, Innventia
- Ann-Sofi Jönsson, Lunds Tekniska Högskola
- Hans Theliander, Chalmers

### Ligninprodukter

- Elisabeth Sjöholm, Innventia
- Göran Gellerstedt, KTH
- Bengt-Arne Thorstensson, Akzo Nobel

### Hemicellulosaprodukter

- Olof Dahlman, Innventia
- Ann-Christine Albertsson, KTH

2010-04-06  
6

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Några fokusområden i PREF

- Separationsprocesser
  - Fraktionering av lignin
    - ultrafiltrering
    - sekventiell utfällning
  - Effektivare xylanprocess
  - Samtidig avskiljning av lignin och xylan
- Ligninprodukter
  - Kolfiber
  - Fenoler
- Hemicellulosaprodukter
  - Hydrogeler
  - Polymerer för naturfiberkomposit

2010-04-06  
7

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Några fokusområden i PREF

- **Separationsprocesser**
  - Fraktionering av lignin
    - ultrafiltrering
    - sekventiell utfällning
  - Effektivare xylanprocess
  - Samtidig avskiljning av lignin och xylan
- Ligninprodukter
  - Kolfiber
  - Fenoler
- Hemicellulosaprodukter
  - Hydrogeler
  - Polymerer för naturfiberkomposit

2010-04-06  
8

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Några fokusområden i PREF

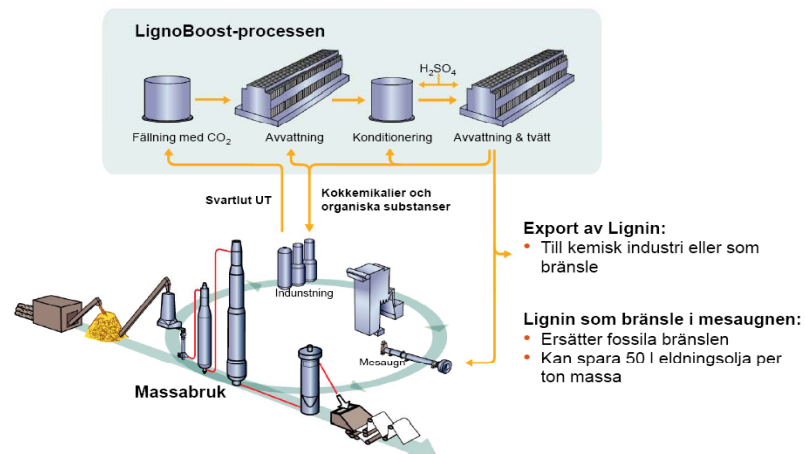
- **Separationsprocesser**
  - Fraktionering av lignin
    - ultrafiltrering
    - sekventiell utfällning
  - Effektivare xylanprocess
  - Samtidig avskiljning av lignin och xylan
- Ligninprodukter
  - Kolfiber
  - Fenoler
- Hemicellulosaprodukter
  - Hydrogeler
  - Polymerer för naturfiberkompositer

2010-04-06  
9

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## LignoBoost – utvecklad av Chalmers och Innventia



© Metso

metso

2010-04-06  
10

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Fraktionering av lignin

- För att få önskade egenskaper för speciella slutprodukter

### **PREF**

- Ultrafiltrering av svartlut innan fällning:
  - Lignin med mjukningstemperatur
  - Renat från kolhydrater
- Sekventiell utfällning genom sjunkande pH:
  - Fraktioner med olika kemiska och fysikaliska egenskaper

Utfällnings-  
pH:



2010-04-06  
11

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Några fokusområden i PREF

- Ligninprodukter
  - Kolfiber
  - Fenoler
- Hemicellulosaprodukter
  - Hydrogeler
  - Polymerer för naturfiberkomposit
- **Separationsprocesser**
  - Fraktionering av lignin
    - ultrafiltrering
    - sekventiell utfällning
  - **Effektivare xylanprocess**
  - Samtidig avskiljning av lignin och xylan

2010-04-06  
12

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Xylan uttaget tidigt i kokproceccen

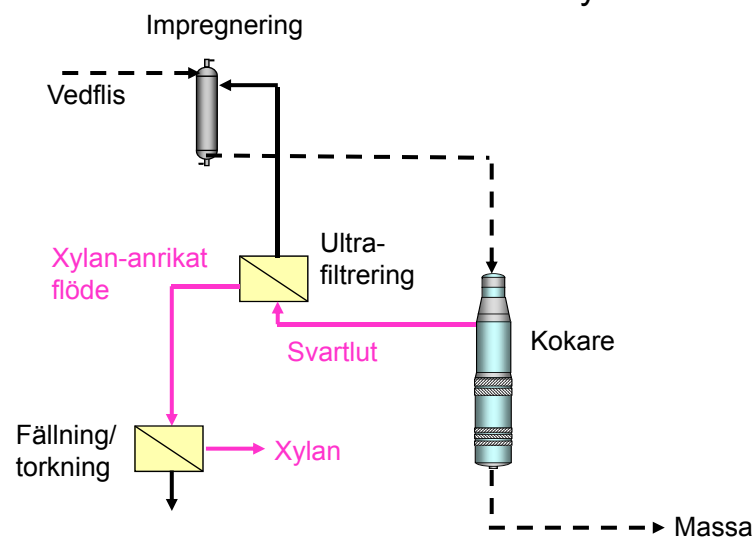
- Tidigare patentsökt process. Ännu på laboratoriestadiet.

2010-04-06  
13

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Xylan från svartlut



2010-04-06  
14

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Xylan uttaget tidigt i kokproceccen

- Tidigare patentsökt process. Ännu på laboratoriestadiet.

### PREF

- Beräkning av processekonomi. Identifiering av nyckelkostnader:
  - Regenerering och makeup av metanol
- Test av idéer för att minska behovet av metanol och andra kemikalier

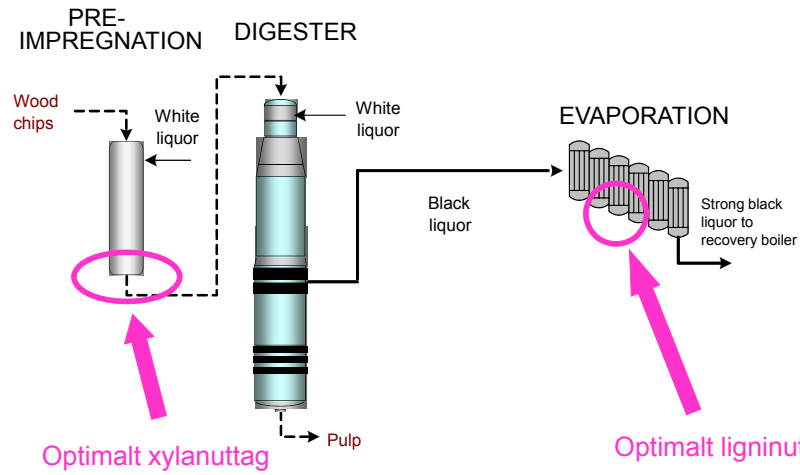


Halvering av produktionskostnaden genom bl a indunstning innan fällning

## Några fokusområden i PREF

- Ligninprodukter
  - Kolfiber
  - Fenoler
- Hemicellulosaprodukter
  - Hydrogeler
  - Polymerer för naturfiberkomposit
- **Separationsprocesser**
  - Fraktionering av lignin
    - ultrafiltrering
    - sekventiell utfällning
  - Effektivare xylanprocess
  - **Samtidig avskiljning av lignin och xylan**

## Kan lignin- och xylanseparation kombineras?

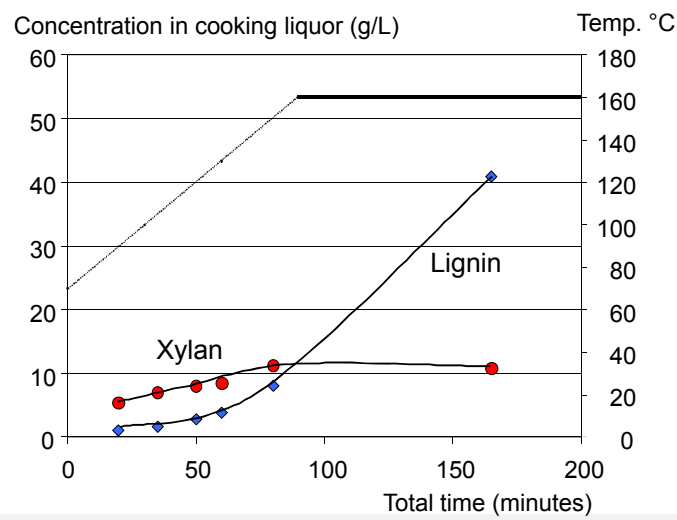


2010-04-06  
17

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Xylan- och ligninhalter i björksvartlut



2010-04-06  
18

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Kombinerad separation av lignin och xylan

Motiv:

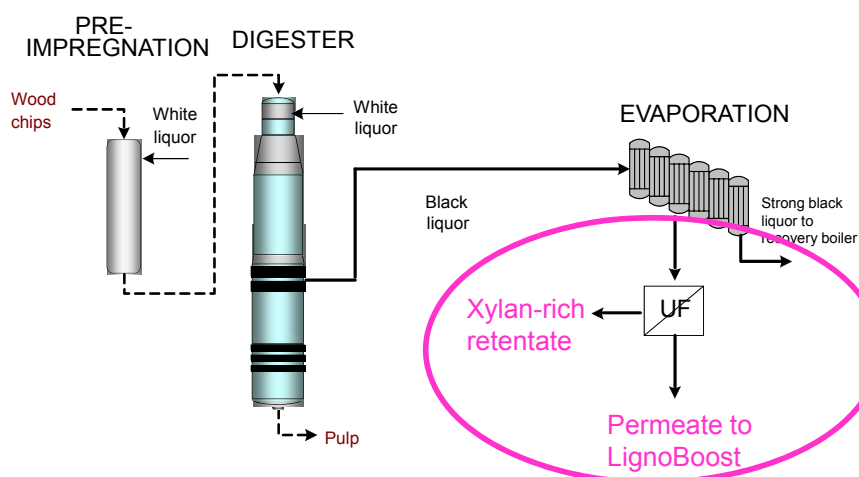
- Ett lignin som är renare från xylan (och därmed mindre problem vid avvattning)
- Ultrafiltrering av en ström i stället för två på olika ställen
- Xylanströmmen kan tas ut vid lägre tryck

2010-04-06  
19

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Kombinerad lignin- och xylanseparation i labskala i PREF



2010-04-06  
20

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Resultat av kombinerat uttag

Avvattningssegenskaperna hos ligninet förbättrades, men...

Mindre effektiv UF av xylan resp. fällning av lignin →  
Ökad totalkostnad per kg för både lignin och xylan

Kan ändå vara intressant för produkter där det är en fördel att ligninet har:

- Låg molekylmassa
- Hög renhet från xylan

.....t ex kolfiber

2010-04-06  
21

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Några fokusområden i PREF

- Separationsprocesser
  - Fraktionering av lignin
    - ultrafiltrering
    - sekventiell utfällning
  - Effektivare xylanprocess
  - Samtidig avskiljning av lignin och xylan
- **Ligninprodukter**
  - Kolfiber
  - Fenoler
- Hemicellulosaprodukter
  - Hydrogeler
  - Polymerer för naturfiberkompositser

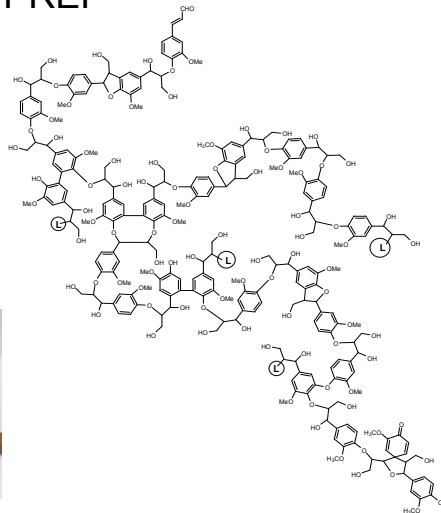
2010-04-06  
22

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Viktiga ligninprodukter i PREF

- Kolfiber
- Fenoler



2010-04-06  
23

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Prisbild för några potentiella ligninprodukter - från marknadsstudie i PREF

Produkt	Marknadspris €/ton
Fast bränsle	200-250
Asfalttillsats	300
Ytaktiva ämnen	750
Kresylsyra (fenolblandning)	2 800
Kolfiber	17 000 – 520 000

2010-04-06  
24

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17





## Lignin för kolfiber

### Problem med tekniskt sulfatlignin

- Termiska egenskaper: mjuknar inte vid uppvärmning (barrvedslignin)
- För hög kolhydrathalt
- För hög askhalt

2010-04-06  
27

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Lignin för kolfiber

### Problem med tekniskt sulfatlignin

- Termiska egenskaper: mjuknar inte vid uppvärmning (barrvedslignin)
- För hög kolhydrathalt
- För hög askhalt

### PREF

- Ultrafiltrering av svartlut innan utfällning av lignin:
  - Lignin med mjukningstemperatur
  - Fritt från kolhydrater
- Utökad tvätt i LignoBoost eller katjonbyte:
  - Tillräckligt låg askhalt



Tillräckligt bra termiska egenskaper och renhet

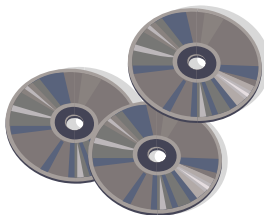
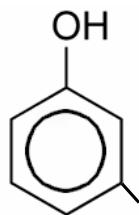
2010-04-06  
28

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17





## Fenoler – viktiga baskemikalier

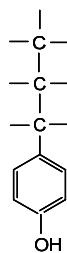


2010-04-06  
31

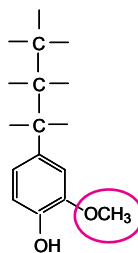
Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



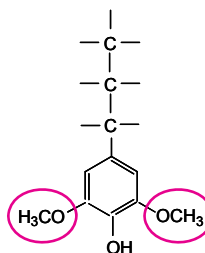
## Ligninmonomerer



p-hydroxy-  
phenyl



Guaiacyl



Syringyl

2010-04-06  
32

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Lignin som fenolråvara

### Problem med lignin som fenolråvara

- En blandning av olika fenoler
- Brett spektrum av produkter efter pyrolys – lågt fenolutbyte

2010-04-06  
33

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Lignin som fenolråvara

### Problem med lignin som fenolråvara

- En blandning av olika fenoler
- Brett spektrum av produkter efter pyrolys – lågt fenolutbyte

### **PREF**

- Identifierat lämpliga betingelser för pyrolys
- Identifierat möjlig storskalig applikation för fenolblandningen:  
Lösningsmedel vid tillverkning av isolering för elektriska ledningar

2010-04-06  
34

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Några fokusområden i PREF

- Separationsprocesser
  - Fraktionering av lignin
    - ultrafiltrering
    - sekventiell utfällning
  - Effektivare xylanprocess
  - Samtidig avskiljning av lignin och xylan
- Ligninprodukter
  - Kolfiber
  - Fenoler
- **Hemicellulosaprodukter**
  - Hydrogeler
  - Polymerer för naturfiberkomposit

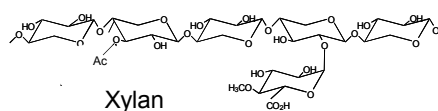
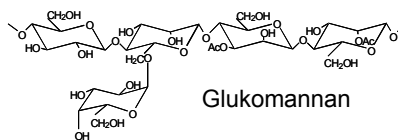
2010-04-06  
35

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Viktiga hemicellulosaprodukter i PREF

- Hydrogeler
- Polymerer för naturfiberkomposit



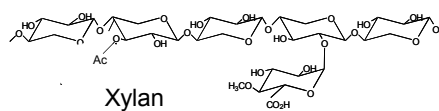
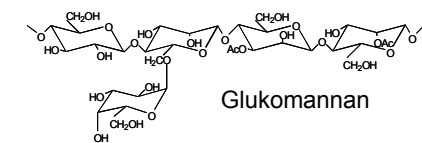
2010-04-06  
36

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Viktiga hemicellulosaprodukter i PREF

- **Hydrogeler**
- Polymerer för naturfiberkompositer



2010-04-06  
37

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



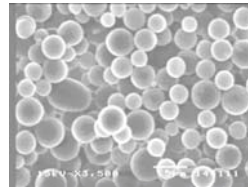
## Hydrogeler

- Material som tar upp stora mängder vatten utan att lösas

Kontaktlinser



Hydrogel-mikrosfärer



A-C Albertsson, KTH, 2008

För t ex kontrollerad dosering av:

- näringsämnen i jordbruk
- medicin

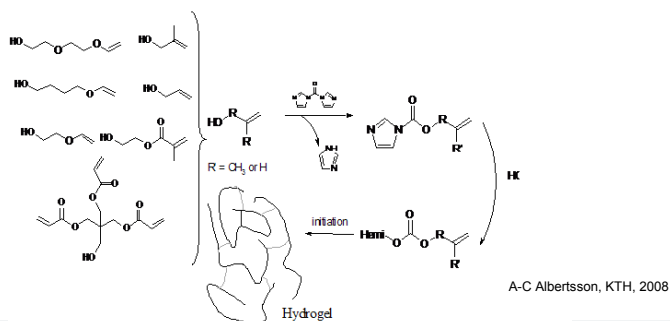
2010-04-06  
38

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Hydrogeler i PREF

- Nya metoder för tvärbinding av hemicelluloser till hydrogeler:
  - vattenbaserad
  - via fotoinduktion
- Karakterisering för olika applikationsområden, t ex superabsorbenter eller kontrollerad läkemedelsdosering.



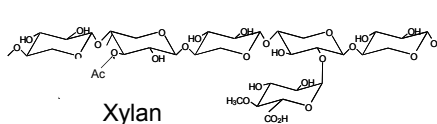
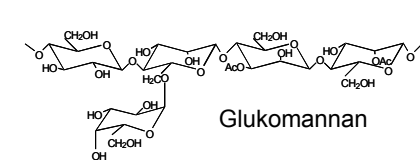
2010-04-06  
39

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Viktiga hemicellulosoprodukter i PREF

- Hydrogeler
- **Polymerer för naturfiberkomposit**



2010-04-06  
40

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Xylan i nya polymermaterial

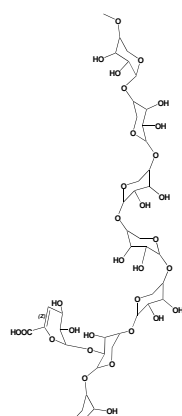
- Strävan efter helt biobaserade kompositmaterial:  
Naturfiber + biobaserad matrispolymer
- Problem: Naturfiber binder dåligt till matrispolymerer

2010-04-06  
41

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17

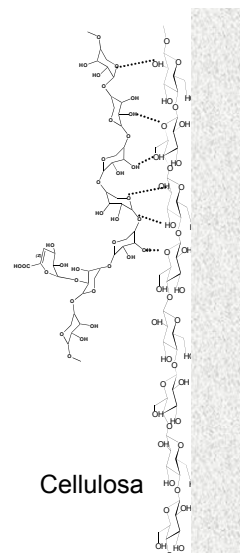


## Xylan binder bra till cellulosafibrer



xylanpolymer

Sorption



Cellulosa

Adsorberat xylan på fiberytan

2010-04-06  
42

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Xylan i nya polymermaterial

- Strävan efter helt biobaserade kompositmaterial:  
Naturfiber + biobaserad matrispolymer
- Problem: Naturfiber binder dåligt till de flesta matrispolymerer

### PREF

- Utnyttja xylanets förmåga att binda till cellulosa-fibrer:  
Sampolymerisering med lämplig matrispolymer

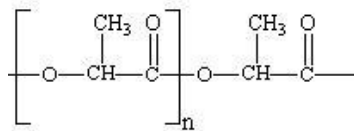
2010-04-06  
43

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Polylaktid (polymjölksyra, PLA)

- Bionedbrytbar polymer
- Används bl a i livsmedelsförpackningar
- Tillverkas av mjölksyra från t ex fermentering av stärkelse
- Möjlig framställa ur vedkolhydrater

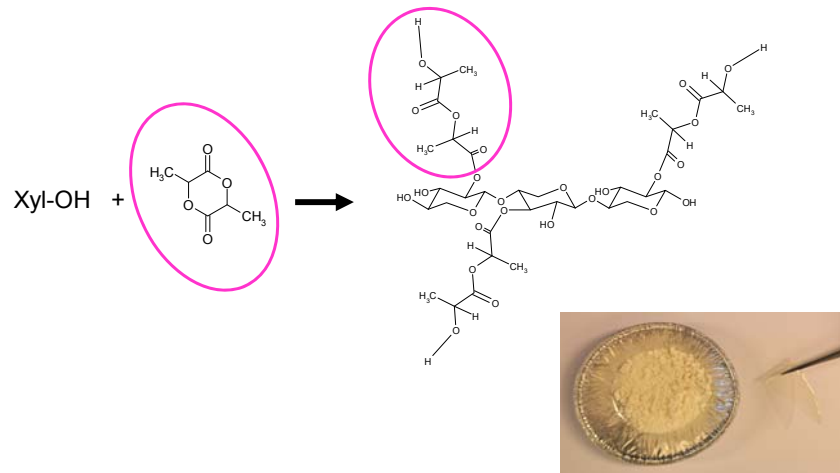


2010-04-06  
44

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Ympning av polylaktid på xylan



2010-04-06  
45

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Xylan i nya polymermaterial

- Strävan efter helt biobaserade kompositmaterial:  
Naturfiber + biobaserad matrispolymer
- Problem: Naturfiber binder dåligt till de flesta matrispolymerer

### PREF

- Utnyttja xylanets förmåga att binda till cellulosafibrer:  
Sampolymerisering mellan xylan och laktid



Ett biobaserat matrismaterial "skräddarsytt" för naturfibrer

2010-04-06  
46

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17



## Hur har PREF fört bioraffinaderiet framåt?



- Möjliggjort vidareförädling av tekniskt sulfatlignin till **kolfiber**.  
En första ligninfiber har framställts.  
Ett nytt BFP-projekt: LigniCarb (Innventia, Södra, Stora Enso).
- **Fenolprodukter**: Förprojekt med kemikalieföretaget BASF kring sulfatlignin som råvara för fenoler och bensen.
- **Hydrogeler**: Tvärbinding av hemicelluloser utan organiska lösningsmedel. Viktigt steg mot fullskaleprocess.
- Lyckad **ympning av polylaktid på xylan**: Viktigt steg mot starka och helt biobaserade naturfiberkompositer.
- **Separation av xylan ur svartlut**: Steg som är kritiska för processekonomin identifierade och delvis åtgärdade.

2010-04-06  
47

Programkonferens inom Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin 2010-03-17

