



Från skogsråvara får vi idag många olika produkter som används runt omkring oss i vårt dagliga liv. Forskare vid SLU hoppas att genom studier av hur träd bildar ved och hur ved bryts ner kunna bidra till att ta fram nya mer effektiva och miljövänliga produkter och processer, så att skogens resurser bättre kan tas till vara. Illustration: Daria Chrobok. Foto: Christoffer Johnsson.

Framtidens skogsbruk

Utveckling av nya träd och vedbaserade produkter

Christoffer Johnsson, Peter Immerzeel, Urs Fischer och Totte Niittylä

Skogsbruket och skogsindustrin står inför stora utmaningar de kommande åren. Genom stora forskningsprojekt hoppas akademi och industri kunna ta fram nya produkter från ved och träd bättre lämpade för förändrat klimat.

Vid Umeå Plant Science Centre bedrivs flera sådana projekt där forskare bland annat försöker ändra både hur veden byggs upp och dessutom utveckla nya, mer miljövänliga sätt att bryta ner den.

De utmaningar samhället ställs inför i form av global uppvärmning och allt större population innebär möjligheter för skogsindustrin att etablera sig på nya marknader och vara en viktig del av lösningen till dessa problem.

De senaste årtiondena har drastiska förändringar i vår vardag och omvärld lett till att våra skogsindustrier ställs inför helt nya utmaningar. Internet och informationsteknikens intågande har gjort att konsumtionen av papper för utskrifter och tidningar har minskat dramatiskt. Samtidigt har den snabba utvecklingen av eukalyptusplantager i framförallt Sydamerika och Sydostasien inneburit ökad konkurrens för de nordiska tillverkarna av pappersmassa. Dessutom

har framgångsrika förädlingsprogram för olika tallar, bland andra montereytall (*Pinus radiata*) och loblollytall (*Pinus taeda*), lyckats med att markant förbättra kvalitén på veden i dessa relativt snabbväxande tallarter, vilket kan komma att innebära ytterligare svårigheter för nordisk vedrånare på timmermarknaden. De kommande decennierna förväntas också klimatförändringar bidra till ytterligare problem för skogsbruket.

Trots dessa utmaningar har de nordiska skogarna fortfarande konkurrensfördelar. Granens och tallens jämförelsevis långa fibrer och långsamma tillväxt gör att veden lämpar sig väl för byggnadstimmer. Pappersmassa från dessa träd ger dessutom bra kartong, en marknad som förväntas öka i framtiden. Nordiska skogsbrukare ligger även i framkant vad gäller skogsplanering och skogsförvaltning, med ytterligare framsteg att vänta från pågående forskningsprojekt vid bland annat SLU.

I sina försök att anpassa sig till den nya situationen ser skogsindustrin nu över möjligheterna att utveckla nya produkter från träd. Till exempel investeras stora resurser i utveckling av bio-drivmedel, kemikalier, matprodukter, nya material och produktionsprocesser.

Som en del av denna forskning görs försök att ta fram metoder för att effektivt bryta ned vedråvaran till sina beståndsdelar,

”... många spännande nya möjligheter för skogsbrukare och skogsindustri.”

som sedan kan raffinerar, eller säljas för användning inom kemisk industri.

En av vedens beståndsdelar, lignin, som tidigare främst varit restprodukt vid massatillverkning, används redan idag som råvara inom kemisk industri och i bioraffinaderier. Detta är möjligt tack vare att ligninet kan brytas ner till molekyler liknande de som fås vid raffinering av olja och kol. Till exempel kan vanillin, det ämne som ger vanilj sin karakteristiska smak, framställas från dessa molekyler. Vanillin används som smaktillsats i mat och är kemiskt identiskt med vanillin från vaniljstång.

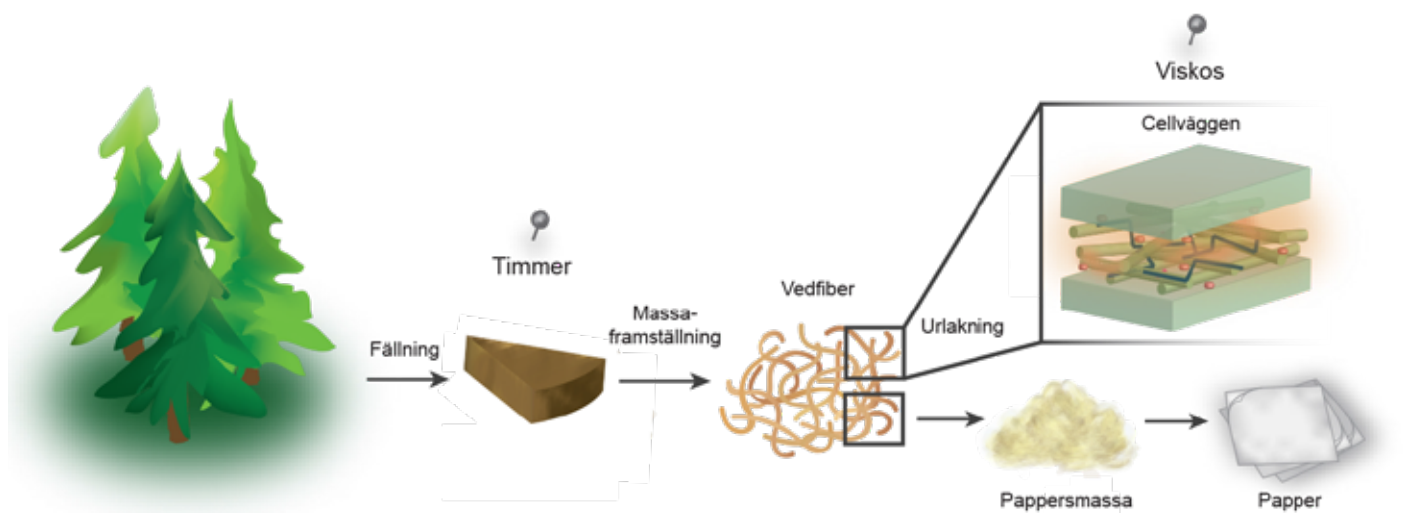
Eftersom ligninmolekyler också är väldigt energirika lämpar de sig väl för bioenergi, men det förväntas vara mer ekonomiskt att använda dem för kemikalie- eller materialframställning.

Förutom lignin innehåller ved också ett flertal olika sockerarter som kan användas inom matindustrin, t.ex. som kosttillskott för att främja tillväxten av nyttiga bakterier i tarmen, eller som förtjockningsmedel i mat. Traditionellt har sådana sockerarter tagits från jordbruksprodukter, men nu

utreds också möjligheten att göra det från ved.

Från akademiskt håll luftas idéer om att kunna förändra trädets egenskaper med hjälp av molekylärbiologi för att ta fram träd skräddarsydda för olika ändamål. Det kan vara att öka trädets tillväxt, förändra vedens densitet, eller att ge träden bättre chans att överleva klimatförändringar eller skadedjursangrepp. En viktig bieffekt av ett mer specialiserat och effektivt skogsbruk är också att trycket på naturskogar minskar och större arealer kan avsättas för friluftsliv och naturreservat.

Det klassiska sättet att förändra egenskaper hos växter är genom korsning. Trädförädlingsprogram i Sverige har under de senaste 40 åren resulterat i en ökning av skogstillväxten med ca 10 % vilket kan jämföras med en fördubbling i skörd av de viktigaste jordbruksgrödorna p.g.a förädling under samma tidsperiod. En av förklaringarna till denna stora skillnad är de långa generationstiderna hos träd på våra breddgrader. Genom den senaste utvecklingen inom molekylärbiologi, särskilt



Från träd utvinns redan idag många olika produkter, främst timmer, pappersmassa och papper. Egenskaperna hos dessa produkter, och hur enkelt det är att framställa dem, bestäms till stor del av sammansättningen av cellväggen hos de fiberceller som utgör större delen av vedens massa.

Cellväggarna består främst av tre komponenter:

Cellulosa: kedjor av länkade glukosenheter som tillsammans bildar avlånga, starka fibrillstrukturer.

Lignin: ligninet binder samman cellväggen och står för en stor del av vedens motståndskraft mot mekanisk stress. Lignin är uppbyggt av otaliga ringar av kolatomer som tillsammans bildar ett hönsnäts-liknande nätverk.

Hemicellulosa: hemicellulosa är uppbyggd av flera olika sockerarter, och fyller tillsammans med lignin upp utrymmena mellan cellulosa fibrillerna.

inom DNA-sekvensering och modifiering, öppnas nya spännande möjligheter för att snabbare och enklare kunna avla träd.

Vid Umeå Plant Science Centre (UPSC) bedrivs världsledande forskning inom växtfysiologi och växtmolekylärbiologi. Centret är ett samarbete mellan två institutioner: institutionen för skoglig genetik och växtfysiologi vid SLU och institutionen för fysiologisk botanik vid Umeå universitet. Samarbetet låter forskare från båda universitet interagera enklare och möjliggör effektiv delning av instrument och forskningsapparatur.

Ett av flera stora forskningsprojekt som pågår vid UPSC är Bio4Energy, ett samarbete mellan akademi och industri för att utveckla nya produkter och processer för att ta vara på skogsråvaran på ett effektivare och mer miljövänligt sätt.

Som en del av Bio4Energy pågår försök att identifiera de lämpligaste trädslagen i Sverige för framställning av gröna kemikalier, bioenergi och material, som t.ex. nanocellulosa eller kolfiber, och att förstå genetikerna bakom önskvärda vedegenskaper. Nanocellulosa kan utvinnas ur alla växter, men ved lämpar sig särskilt bra, eftersom den innehåller en hög andel cellulosa. Materialet består av väldigt tunna fibrer, ca 1000 gånger tunnare än ett hårstrå, och har många intressanta mekaniska och kemiska egenskaper. Det har flera möjliga användningsområden, till exempel som armering för att förstärka plaster eller för medicinska

syften såsom implantat, eftersom nanocellulosa är mer kompatibel med vår kropp än nuvarande material. Man kan även spinna kontinuerliga fibrer, eller göra beläggning på papper för att skapa ett barriärskikt mot syre, och fjäderlätta material som skulle kunna användas som kärna i lättviktkompositer.

Förbättra nedbrytning av ved

Träd har genom naturligt urval utvecklat de mekaniska egenskaper som krävs för att stå emot vind, snö och, inte minst, sin egen vikt. På senare tid har även vi människor börjat utöva vårt eget urval på träd baserat på våra önskemål för bättre konstruktionsmaterial, vilket lett till att brukade trädarteras vedegenskaper förändrats. Den mekaniska styrkan hos ved kommer till viss del från den täta sammankopplingen av de celler veden består av.

Det moderna bruket av vedråvara innebär dock allt oftare att veden behöver brytas ned, t.ex. vid pappersmassa- eller bioetanol-tillverkning, och då blir den mekaniska styrkan ett problem.

De flesta bioteknologiska processer fungerar bättre om råvaran finfördelats. Detta ger bättre åtkomst för de enzymer som används för att bryta ner veden. I dagsläget används dyra och ofta miljömässigt tveksamma metoder för att förbehandla ved i syfte att bryta ned den genom att övervinna kopplingarna mellan celler.

I naturen finns dock flera exempel på

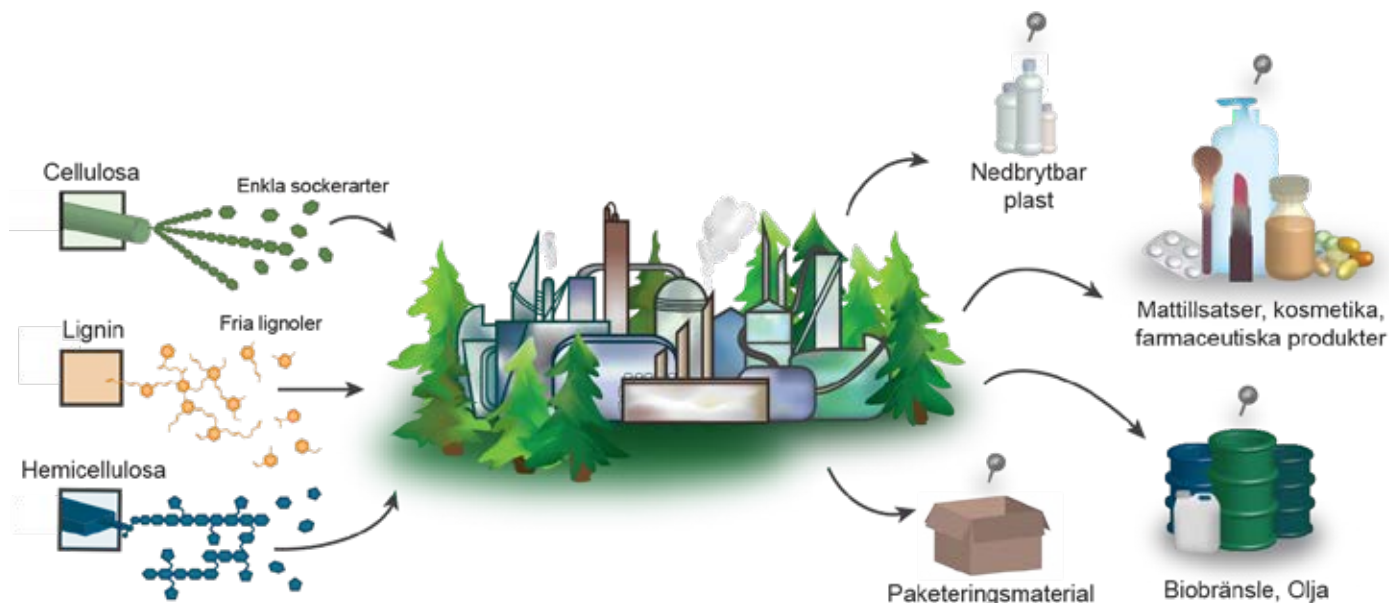
hur kopplingen mellan celler löses upp, till exempel då löv faller eller när frukt mjuknar vid mognad. Dessa processer utförs av enzymer och liknar de som industrier försöker efterlikna med förbehandlings. Tidigare har mikroorganismer använts flitigt för att framställa enzymer för industriella processer, medan växter i stort sett förbisets, trots deras inneboende förmåga att utföra de uppgifter som eftersöks.

Vid UPSC studeras bland annat cellseparation i asp för att identifiera nya enzymer och kombinationer av enzymer som kan användas för att förbättra förbehandlingen av vedbiomassa för industriella syften.

Experiment stödjer redan idén att använda enzym från växter för nedbrytning av ved, men vidare försök görs också för att förstå vilka signaler som styr de naturliga cellseparationsprocesserna. Målet är att kunna starta cellseparation i hela växten precis innan skörd, det vill säga att låta trädets egna enzymer och energi förbehandla sig självt så att veden, när den når industrin, redan delvis lösts upp för att underlätta fermentering eller andra processer.

Försöker förstå användningen av kol

Majoriteten av trädets biomassa finns i vedfibrernas tjocka cellvägg. I många trädslag, inklusive gran och tall, är råvaran för denna cellvägg sockerarten sackaros. Sackaros är en produkt av fotosyntesen i barr och blad som transporterats till stammen, där den används till bl.a. uppbyggnaden av



Genom att bryta ner cellväggens polymerkomponenter till sina beståndsdelar vill forskare och industri utveckla nya produkter, eller ersätta fossila råvaror i t.ex. plaster eller bränslen. Illustrationer: Daria Chrobok.

ved. För att göra sackaros till ved behöver den först omvandlas till byggstenar som kan användas av de olika enzymer som framställer cellulosa, lignin och hemicellulosa. Mekanismen för sackaros-klyvning under vedfiberbildningen är inte välutforskad, men på senare år har forskare på UPSC lyckats identifiera några viktiga delar i pusslet. De har till exempel funnit ett sackaros-transportprotein som krävs för import av sackaros till vedfibrer, en viktig faktor för veddensitet, och ett enzym som är centralt för cellulosa-biosyntes. Dessa upptäckter har konstaterat identiteten på några av de nyckelenzymer och gener som styr kolflödet under vedbildningen.

Verktyg för att styra genaktivitet

Attributen som är intressanta att förändra i vedfibrerna är sammansättningen av den tjocka cellväggen – hur mycket av de olika komponenterna cellulosa, lignin och hemicellulosa växten använder för att

bygga upp den. Förhållandena mellan dessa är vad som till stor del bestämmer vedens mekaniska egenskaper.

På grund av svårigheten att förutse vilka egenskaper som kommer vara önskvärda långt fram i tiden är det troligtvis mer relevant för svenska och nordiska skogsintressenter att försöka förbättra trädets tålig-
het mot olika angrepp från t.ex. insekter och svampar, men även att göra det bättre lämpat att möta de svårigheter som det kan komma att utsättas för till följd av klimatförändringar.

Informationen som styr dessa attribut finns i växternas gener. För att en organism ska fungera kan dock inte alla gener vara aktiva överallt, eller lika starkt. Istället kontrolleras var gen av en s.k. promotor, ett stycke DNA nära genen som kan liknas vid en dimmermekanism, som ser till att genen är aktiv vid rätt tid och plats.

Vid Umeå Plant Science Centre pågår ett forskningsprojekt som syftar till att

bättre förstå vilka delar av dessa promotorer som styr genaktivitet specifikt i träds fiberceller. Med kunskap om det hoppas forskarna kunna göra riktade förändringar av vedens egenskaper, utan att riskera att tillväxten försämras.

Framtidsutsikter

Även om det finns stora utmaningar den närmsta framtiden finns många spännande nya möjligheter för skogsbrukare och skogsindustri. Tidiga forskningsresultat ger en fingervisning om vad som kan tänkas vara möjligt. Bättre förståelse för vad som styr vedens kvalitet och förmågan att själva kunna påverka hur träd bildar ved är bara några av de många framsteg som står för dörren. Exakt hur våra skogar kommer att påverkas av det förändrade klimatet är svårt att sia om, men tekniker för att snabbt och precist kunna förädla träd kommer bli allt viktigare och mer forskning behövs på området ■

Ämnesord

Framtidens skogsbruk, förädling, produktutveckling, bio-energi, skogsråvara.

Läs mer:

► Skog, K.E., Wegner, T.W., Bilek, E. M. & Michler, C.H. 2015. Desirable properties of wood for sustainable development in the twenty-first century. *Annals of Forest Science* DOI 10.1007/s13595-014-0406-0

► Petersen, P., Lau, J., Ebert, B., Yang, F., Verhertbruggen, Y., Kim, J., Varanasi, P., Suttangkakul, A., Auer, M., Loque, D. & Scheller, H. 2012. Engineering of plants with improved properties as biofuels feedstocks by vessel-specific complementation of xylan biosynthesis mutants. *Biotechnology for Biofuels* 5:84.



BIO4ENERGY

Författare:



Christoffer Johnsson
Christoffer är industri-doktorand med ett projekt som samfinansieras av Stora Enso och SLU. Hans forskning fokuserar på att förstå hur vedcellers identitet bestäms och på att utveckla redskap för riktade cellväggsmodifieringar. christoffer.johnsson@slu.se



Peter Immerzeel
Peter är biokemisk forskare på institutionen för skoglig genetik och växtfysiologi, SLU. Hans huvudsakliga forskningsprojekt är relaterat till analys av kemiska kopplingar mellan lignin och kolhydrater i trä. peter.immerzeel@slu.se



Urs Fischer
Urs är forskare på institutionen för skoglig genetik och växtfysiologi, SLU. Hans grupp studerar cellseparation i asp för att identifiera nya enzymer och signaler som kan användas för att förbättra förbehandlingen av vedbiomassa för industriella syften. urs.fischer@slu.se



Totte Niittylä
Totte är universitets-
lektor på institutionen för skoglig genetik och växtfysiologi, SLU. Hans forskning fokuserar på sockermetabolism och kolallokering till ved, samt modifiering av vedegenskaper. totte.niittyla@slu.se

Postadress till samtliga: 901 83 Umeå