

Inblandning av lignin från SEKAB i pellets vid Bioenergi i Luleå AB

Robert Samuelsson
Mehrhad Arshadi
Torbjörn Lestander
Michael Finell

Pelletsplattformen
BTK-Rapport 2011:3

SLU

Biomassateknologi och Kemi (BTK)



Innehåll

Innehåll	2
Förord	3
Sammanfattning	4
Inledning	5
Material och metoder	6
Designens upplägg	6
Råvaran	6
Analys av responsfaktorer	6
Provtagning	7
Kalibrering av doseringsskruv för lignintillsats	7
Pelletsprover för lagringsstudier	7
Resultat och diskussion	8
Korrelation mellan processparametrar och responser	8
Metallinnehåll och askegenskaper	9
Lagringsstudier	10

Förord

Detta försök genomfördes och finansierades inom ramen för Pelletsplattformen, ett industriforskningsprogram i samarbete mellan pelletsindustrin och Enheten för biomassateknologi och kemi vid Sveriges Lantbruksuniversitet. Finansiärer var Energimyndigheten, Pelletsindustrins Riksförbund (PiR) och SLU.

Bioenergi i Luleå AB levererade allt spånmaterial till försöket och ställde upp med personal och utrustning vid genomförandet. Ligninmaterialet i försöket levererades Sekabs etanolpilot i Örnsköldsvik. Erfarenheter från pilotförsök vid BTC Umeå utnyttjades vid designen av försöket. Försöket genomfördes 13-15 maj 2009.

Stort tack till produktionschef Conny Holmberg vid Bioenergi i Luleå AB som aktivt deltog i alla diskussioner, informerade personalen i tidigt stadium och möjliggjorde genomförandet av försöket. Stort tack också till all personal vid Luleås pelletsfabrik för det stora engagemanget och tålamodet ni visade vid genomförandet, samt till personal vid SEKAB för framtagandet av ligninmaterialet.

Umeå den 2010-03-xx

Torbjörn Lestander

Sammanfattning

Ett fabriksförsök genomfördes vid Bioeneri i Luleå där etanollignin blandades in tallspån. En experimentell design med två kvantitativa variabler på tre respektive fyra nivåer användes. Designen omfattade följande parametrar och deras variation: spån av tre olika fukthalter (9, 10 och 11 % baserad på råvikt) och inblandning av etanollignin vid fyra olika nivåer (0, 2,0, 3,7 respektive 6,9 %,).

Försöket visade att inblandning av undersökt ligninmaterial till 2-7% i tallspån gav små förbättringar av mekanisk hållfasthet samt ingen förändring av bulkdensitet. Bulkdensiteten bestämdes i huvudsak av fukthalten hos spånet.

Små förändringar av metallinnehåll hos pelletsen på grund av lignintillsatserna noterades och askhalten höll sig konstant på 0,3%.

Lagringsstudien visar att pellets kvaliteten påverkas väldigt lite under lagring och att lignin tillsatsen inte har någon negativ effekt på kvaliteten.

Inledning

Pelletsindustrin är hela tiden i behov av nya råvaror eftersom vanligt spån börjat bli en bristvara. Tänkbara råvaror är restprodukter från olika industriprocesser. En sådan process är etanolframställning ur cellulosa där stora mängder lignin produceras som en restprodukt. För etanolprocessen är det också viktigt ur ekonomisk synvinkel att få avsättning för alla produkter som produceras.

I ett pelleteringsförsök vid BTC-piloten har inblandning av etanollignin i träspån genomförts med något förbättrad pellets kvalitet och utan försämring av förbränningsegenskaperna som resultat.

Syftet med industriförsöket som beskrivs nedan var att försöka verifiera dessa observationer samt optimera processen utifrån olika inblandningar av lignin, dvs. att ta fram ett processrecept för pelletsindustrin.

Material och metoder

Designens upplägg

Den utvalda designen i försöket (se tabell 1) är en full faktoriell design med de två kvantitativa faktorerna fukthalt och lignintillsats. Fukthalten och lignintillsatsen testades vid tre respektive 4 nivåer. I designen ingår även ett antal försök som upprepas för att ge ett mått på spridningen i metoden. I detta fall valdes process- och blandningsfaktorerna i samråd med personalen vid fabriken. De använda faktorerna och nivåerna framgår av tabell 1. Tabellen anger även de fukthalter som uppnåddes i försöket, vilka avviker från de värden som finns angivna i designen. Dessa mättes på det ångkonditionerade spånet direkt innan pressen, medan fukthaltsvärdet i designen användes för att styra torken. De analyserade värdena på fukthalten användes vid utvärderingen av designen.

Tabell 1. Schema för den försöksdesign som använts i Luleå

Försök	Önskad fukthalt (%)	Uppnådd fukthalt (%)	Lignintillsats (%)
1	11	13,76	0,0
2	11	14,42	2,0
3	11	12,93	3,7
4	11	13,83	6,9
5	11	13,91	3,7
6	9	12,01	0,0
7	9	11,80	2,0
8	9	11,98	3,7
9	9	11,69	6,9
10	10	13,50	0,0
11	10	13,42	2,0
12	10	12,72	3,7
13	10	13,22	0,0
14	10	12,84	6,9
15	10	12,66	0,0

Råvaran

Råvaran som användes vid experimentet utgjordes av 100% färsk tallspån. Ligninmaterialet, som producerades vid SEKABs etanolfabrik i Örnsköldsvik, torkades med hjälp av en tornadotork (Fibre Tornado AB, Skellefteåhamn) till ca 10% fukthalt.

Analys av responsfaktorer

Flera olika variabler (responser) registrerades eller mättes under försökets gång. Dessa responser användes i designen som svar på variationen hos faktorerna. Dessa responser var fukthalt, mekanisk hållfasthet, finfraktion respektive bulkdensitet hos pelletsen, temperatur i pelletshögar, fett- och hartssyror i pellets samt CO respektive CO₂ emissioner. Fukthalten i råvara bestämdes enligt standard SIS-CEN/TS 14774-1:2004. Hållfasthet och bulkdensitet bestämdes med SIS-CEN/TS 15210-1:2006, respektive SIS-CEN/TS 15103:2006. Finfraktion bestämdes genom manuell sållning av pelletsen med ett 3,15 mm såll. Analys av extraktivämnen, fettsyror och hartssyror gjordes enligt standardmetod. CO respektive CO₂ emissioner mättes på lab med hjälp av Gas Probe IAQ Indoor Air Quality Monitor i speciella gastäta behållare. Temperatur i pelletshögar registrerades med hjälp av

temperaturloggers (modell Tinytag Plus 2, Gemini data loggers, -40 till +125°C). Multivariata dataanalyser utfördes med hjälp av mjukvarorna MODDE, version 8.0.0.0 och SIMCA-P, version 11.0.

Provtagning

Provtagning av malt och ångkonditionerat spån (ca 4 L) ägde rum under en minut tre gånger för varje försök direkt innan pressen. På motsvarande sätt togs prover av varm pellets (ca 6 L) ut direkt efter pressen som därefter fick svalna på presenning i presshallen. Varje prov förseglades i gastät plastpåse med dubbel svetsfog. Proverna från alla försök transporterades till SLU och förvarades i kylrum (ca 4°C) fram till dess analys av fukthalt gjordes.

Kalibrering av doseringsskruv för lignintillsats

Doseringskruven som användes vid lignintillsatsen var tillverkad vid fabriken. Den bestod av en behållare som rymde ca 100 kg lignin, samt en transportskruv som drevs av en frekvensstyrd motor. Doseraren var inkopplad direkt framför konditioneringskruven där ånga tillsattes innan pressen. Strömfrekvensen hos motorn kunde varieras mellan 15 till 60 Hz. Doseringsskruven kalibrerades genom att massflödet av lignin mättes vid olika frekvenser och tillsatsen för respektive frekvens beräknades sedan utifrån ett spånflöde på 3000 kg/h. Resultatet blev 2,0%, 3,7% och 6,9% lignin för frekvenserna 15Hz, 30Hz respektive 60Hz.

Pelletsprover för lagringsstudier

Av de totalt genomförda 15 försöken lagrades två försök på grund av brist på tillräckligt material (lignin) för lagring av alla försök samt tidsbrist och brist på lagringsutrymme på fabriken. Den första pellets högen var från 100 % färsk tallspån, dvs. ingen lignin tillsats och det andra pellets högen innehåll pellets med 6,9 % lignin tillsats. Två prover från tio olika delar av varje hög togs direkt och kallades som prov 1 och 2. Motsvarande prover togs efter 2 och 4 veckors lagring från varje hög som var lagrade under tak vid fabriken. Alla prover förvarades i förslutna plastpåsar och skickades till SLU (BTK) för kemiska och fysikaliska analyser. Alla prover förvarades i kylrum (ca 1°C) fram till analys. Proverna insamlades under perioden 13:e maj till och med 15:e juni, 2009. Varje hög innehöll ca 7 ton pellets. Stora högar behövdes för att kunna följa upp lagring av olika pellets under realistiska lagringsförhållanden. Två temperaturloggers var placerade i varje hög och temperaturen registrerades en gång per timme under 4 veckor. Vid fyra försök samlades varma prover i fyra stora separata säckar som lagrades i fabrikslager. Men man kunde konstatera att varm pellets i de säckarna hade mycket dåligt pellets kavitet och kunde inte användas vid lagringsstudier.

Resultat och diskussion

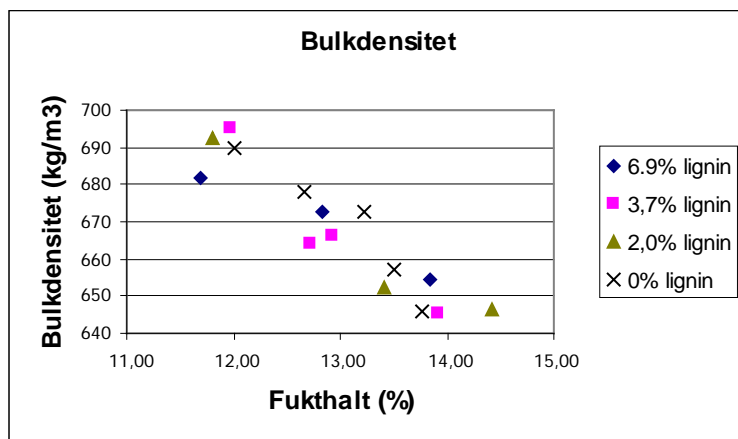
Korrelation mellan processparametrar och responser

Tabell 2 sammanfattar resultaten från de olika delförsöken. Relativt små effekter av lignintillsatserna på den mekaniska hållfastheten erhöles vilket medförde att utvärderingen av faktorörsöket gav dålig modellering av mekaniska hållfastheten och finfraktionen med ett Q^2 -värde på 0,2. Modelleringen av bulkdensiteten gav bättre resultat med ett Q^2 -värde på 0,7. Pelletsfukthalten sjönk med i genomsnitt 5,2% jämfört med det ångbehandlade spånet innan pressen.

Tabell 2. Responsvärden registrerade vid respektive delförsök.

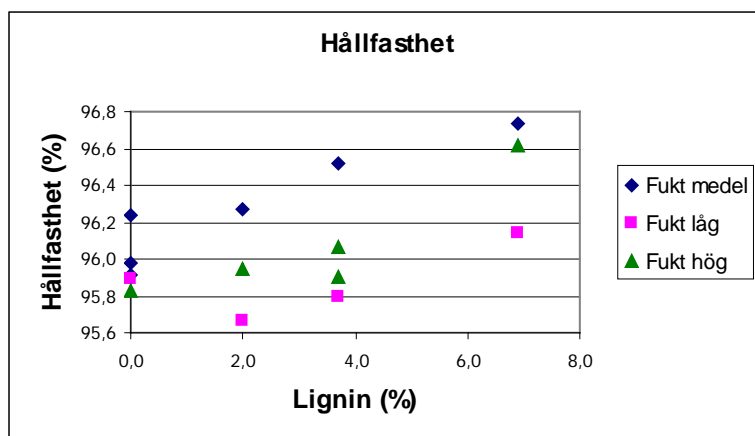
Försök	Önskad fukthalt (%)	Uppnådd fukthalt (%)	Lignintillsats (%)	Bulkdensitet (kg/m ³)	Mekanisk hållfasthet (%)	Finfraktion (%)	Pelletsfukt (%)
1	11	13,76	0,0	646	95,8	2,5	8,22
2	11	14,42	2,0	646	95,9	2,0	8,20
3	11	12,93	3,7	666	96,1	2,0	7,96
4	11	13,83	6,9	655	96,6	1,3	8,18
5	11	13,91	3,7	645	95,9	1,6	8,43
6	9	12,01	0,0	690	95,9	2,1	6,44
7	9	11,80	2,0	692	95,7	2,5	6,53
8	9	11,98	3,7	695	95,8	2,0	6,29
9	9	11,69	6,9	682	96,1	2,2	6,99
10	10	13,50	0,0	657	95,9	1,9	8,44
11	10	13,42	2,0	652	96,3	1,5	8,37
12	10	12,72	3,7	664	96,5	1,7	8,19
13	10	13,22	0,0	673	96,0	1,9	7,83
14	10	12,84	6,9	673	96,7	1,4	7,89
15	10	12,66	0,0	678	96,2	1,9	7,34

Figur 1 visar effekten av spånets fukthalt på bulkdensiteten vid olika inblandningsgrader av lignin. Från figuren kan man se att fukthalten har den avgörande betydelsen för bulkdensiteten, medan lignintillsatsen inte har någon större betydelse. Detta indikerar också att dessa lignintillsatser inte påverkar friktionen genom matrisen och därigenom energiåtgången.



Figur 1 Effekt av fukthalt i spån på bulkdensitet vid olika lignintillsatser.

Figur 2 visar effekten av lignintillsatsen på den mekaniska hållfastheten vid olika fukthalt på spånet. Inga stora effekter erhöles vid försöket. Från figur 1 kan man emellertid se en svag ökning av hållfastheten vid ökad lignintillsats. Dessutom har fukthalten inverkan och den bästa hållfastheten erhöles vid den medelhöga fukthalten.



Figur 2 Effekt av lignintillsats på mekanisk hållfasthet vid olika fukthalter.

Sammantaget visade resultaten från pelleteringsförsöken att lignintillsatsen gav relativt små förbättringar av pellets kvaliteten. Detta är förvånande eftersom pilotförsök vid BTC har visat på förbättring av mekaniska hållfastheten på närmare 10% vid en tillsats på 10% lignin. Orsaken till skillnaderna kan vara flera. För det första var det två olika ligninmaterial som användes vid de båda försöken. I pilotförsöket användes ett lignin från sulfatmassaindustrin, medan industriförsöket genomfördes med ett ligninmaterial från SEKAB:s etanolpilot. Vidare så torkades etanoligninet med hjälp av en "tornadotork" vilket kan ha påverkat materialet negativt. Materialet blev också väldigt ojämnt vad avser fukthalt, vilket kan ha påverkat resultatet eftersom tidigare studier har visat att fukthalten hos ligninet har betydelse. Som en följd av detta planeras ett pilotförsök i BTC-anläggningen där inblandning av olika ligninmaterial i spån studeras under varierande betingelser.

Metallinnehåll och askegenskaper

Metallinnehåll och askhalt för pellets från försök 1, 2, 8 och 9 analyserades. Askhalten var 0,3% i samtliga prover. Tabell 4 visar mängden av några metaller, som är av betydelse för förbränningsprocessen, vid olika tillsatser av lignin. De enda ökningarna som kan hänföras till lignintillsatsen är för natrium och fosfor. Övriga ändringar beror troligtvis av slumpmässiga variationer. I samtliga fall är koncentrationerna av de processtörande metallerna Si, K, Na och P för låga för att de skall påverka förbränningen negativt.

Tabell 3 Ändring av metallinnehåll i pellets som funktion av lignintillsats

Metall	Spån	Lignin	2,0%	3,7%	6,9%
Kisel (mg/kg)	45	60	51	63	51
Kalcium (mg/kg)	390	420	510	570	480
Magnesium (mg/kg)	93	12	111	132	111
Kalium (mg/kg)	246	57	249	(66)	300
Natrium (mg/kg)	36	480	45	66	69
Fosfor (mg/kg)	29	189	33	45	45

Lagringsstudier

Av de totalt genomförda 15 försöken lagrades två försök på grund av brist på tillräckligt material (lignin) för lagring av alla försök samt tidsbrist och brist på lagringsutrymme på fabriken. Den första pellets högen var från 100 % färsk tallspån, dvs. ingen lignin tillsats och det andra pellets högen innehåller pellets med 6,9 % lignin tillsats. Två prover från olika delar av varje hög togs direkt så kallad prov 1 och 2. Motsvarande prover togs efter 2 och 4 veckors lagring under tak vid fabriken. Proverna analyserades med avseende på fett/hartssyror sammansättning, fukthalt, bulkdensitet samt mekanisk hållfasthet. Resultaten är sammanställda i tabell 4.

Tabell 4. Fett- och hartssyror, pellets fukthalt, bulkdensitet och mekanisk hållfasthet för färska samt lagrade pellets.

Responsvärden	Försök 6		Försök 9	
	0 % Lignin-tillsats		6,9 % Lignin-tillsats	
	Prov 1	Prov 2	Prov 1	Prov 2
Fett- och hartssyror (mg/kg), Färska pellets	7025	7825	7206	7099
Fett- och hartssyror (mg/kg), 2 veckors lagring	3864	3656	5384	4358
Fett- och hartssyror (mg/kg), 4 veckors lagring	3846	4570	4724	5307
Pellets-fukthalt (%), Färska pellets	6,47	6,47	7,00	7,00
Pellets-fukthalt (%), 2 veckors lagring	7,83	7,83	7,06	7,06
Pellets-fukthalt (%), 4 veckors lagring	8,05	8,05	7,79	7,79
Bulk densitet (kg/m ³), Färska pellets	687	687	680	680
Bulk densitet (kg/m ³), 2 veckors lagring	636	636	650	650
Bulk densitet (kg/m ³), 4 veckors lagring	642	642	671	671
Mekanisk hållfasthet (%), Färska pellets	95,9	95,9	96,4	96,4
Mekanisk hållfasthet (%), 2 veckors lagring	96,5	96,5	97,5	97,5
Mekanisk hållfasthet (%), 4 veckors lagring	96,9	96,9	97,7	97,7

Resultaten visar att totala halten av fett och hartssyror i färska prover (ny producerade pellets) var över 7000 mg/kg pellets. Vilket är normalt för pellets gjorda av färskt tallspån. Efter två respektive fyra veckors lagring minskade totala fett- och hartssyror i samtliga prover men i olika grader. Till exempel minskade för försök 6 med ca 45-51 % efter två veckors lagring. Minskningen av den totala fett- och hartssyror beror på oxidation av dessa lipider under lagringstiden. Men för försök 9, ser vi att den totala minskningen av fett och hartssyror efter två veckors lagring är ca 25-39 %. Detta kan bero på att lignin har en viss antioxidant effekt och fördröjer autooxidationen i viss mån. Men antalet försök är för få för att man kan med all säkerhet dra slutsatser om antioxidant effekten av lignin i detta sammanhang. Ytterligare försök behövs för att kunna dra säkra slutsatser.

Pellets fukthalt i samtliga lagrade prover hade ökat, för färska prover utan lignin från 6,5 till ca 8,1 % och för färska prover med lignin tillsats från 7,0 till 7,8 %. Sammanfattningsvis en viss fuktabsorption förekom under lagring av dessa prover.

Bulkdensiteten minskade litegrann för de lagrade proverna vilket kan förklaras med att pellets får en sämre kvalitet under lagringen, dvs mer fines, men skillnaderna är förhållandevis små för att kunna med all säkerhet fastställa försämrad pellets-kvalitet under lagringen.

Resultaten från temperaturlogger visar att för högen från försök 6 en viss temperaturhöjning förekommer med maxnivå på ca 30 °C. Högen från försök 9 visar inget tecken på temperaturhöjning och max temperatur ligger ca 20 °C. Man kan dra slutsatsen att en viss temperaturhöjning förekom i högen med enbart tallspån medan högen som innehöll 6,9 % lignin förekom ingen temperaturstegring. Resultatet kan bekräfta vår teori angående eventuella antioxidant effekten av lignin.

Sammanfattningsvis, lagringsstudien visar att pellets-kvaliteten påverkas väldigt lite under lagring och att lignin tillsatsen inte har någon negativ effekt på kvaliteten. De tillverkade pelletsen med lignin håller måttet och till och med kan ha en positiv effekt på blockering av autooxidation av fett- och hartssyror under lagring.