

Industrihampa för produktion av bioetanol – en ekonomiskt lönsam produktion?

EVA JOHANSSON, THOMAS PRADE OCH SVEN-ERIK SVENSSON

Samhället av idag står inför stora utmaningar. Höga koldioxidhalter i atmosfären, smältande isar vid våra poler, plastberg som flyter omkring i haven, föroreningar av luft, mark och vatten, ökad population osv. Ytterligare ett problem är att den fossila oljan håller på att ta slut. Vi behöver alltså hitta hållbara lösningar, som sparar på jordens resurser, som bidrar till en hållbar livsmedelsförsörjning och som samtidigt bidrar till en modern livsstil med hög levnadsstandard. Biomassa från växter lyfts fram på många sätt som framtidens lösning. Biomassa ska ge hållbara drivmedel, kemikalier, material etc. och har potentialen att bidra med detta. Syftet med detta projekt var att undersöka om industrihampa kan användas för framställning av bio-drivmedlet etanol och om användandet av hampa för detta ändamål var ekonomiskt lönsamt. Resultaten visade att förbehandlingen av hampan innan jäsningsen till etanol var den faktor som spelade störst roll för etanolutbytet och därmed för lönsamheten av etanolproduktionen från hampa. Förbehandling av hampan med 1% svavelsyra vid 180°C ledde till den största etanolavkastningen. Denna förbehandling ledde också till ett positivt ekonomiskt resultat för användning av hampa för etanolproduktion. Projektet testade också om ekologisk eller konventionell produktion av hampa påverkade det ekono-



Bild från de ekologiska fältförsöken gällande industrihampa vid SLU Alnarp

miska utfallet av hampaproduktion för etanolproduktion, men fann endast en liten skillnad beroende på skillnad i maskinkostnader.

Varför ska vi använda grödor, som tex hampa, för att tillverka bio-drivmedel?

Bioraffinaderi är ett koncept av ökande betydelse i dagens samhällen. Ett bioraffinaderi är en analog till dagens oljebaserade raffinaderier. Skillnaden mellan de två typerna är att bioraffinaderiet är byggt på förnybara resurser som biomassa istället för petroleum som är råmaterialet inom dagens raffinaderier. Den främsta orsaken till att bioraffinaderier anses utgöra framtiden, är en önskan att slippa dagens system som bygger på fossila resurser. Användandet av de

fossila resurserna är ohållbart med tanke på de negativa konsekvenser detta har på miljön, långsiktigt stigande priser och utarmning av resurser. Bioraffinaderier kan i princip konvertera nästan alla typer av biomassa till nästan alla typer av biobränsle, biokemikalier eller biomaterial om lämpliga biotekniska och kemiska tekniker kombineras. I ett resurshållbarhetsperspektiv är valet av biomassa för användning i bioraffinaderiet en viktig aspekt. Studier gällande om olika grödor eller vilka grödor som är mest lämpade ur ett bioraffinaderikoncept saknas i stort sett helt, troligen på grund av den pågående debatten relaterad till om jordbruksmark ska användas för livsmedels- eller bränsleproduk-

Tabell 1. Innehåll (% av torrsvikt) av glukos, lipider, aska och lignin i konventionell och ekologiskt odlad hampa.

Parameter	Konventionell odling	Ekologisk odling
Glukos	39,8b	42,0a
Lipider	0,6b	0,8a
Aska	5,8a	4,7b
Lignin	15,0a	13,2b

Siffror i samma rad som följs av olika bokstäver skiljer sig signifikant åt ($P > 0,05$)

Tabell 2. Glukos och etanolutbyte från konventionellt och ekologiskt odlad hampa med olika förbehandlingsmetoder (temperatur och svavelsyrabehandling)

Förbehandling		Konventionell odling			Ekologisk odling		
Temperatur, °C	Syra, %	Glukos-utbyte, %	Etanol-utbyte, g/l	Etanol-utbyte, L/kg	Glukos-utbyte, %	Etanol-utbyte, g/l	Etanol-utbyte, L/kg
Obehandlad		29,6k	2,89f	0,07	32,2k	3,12f	0,08
140	0,0	37,7ij	4,62e	0,10	38,7hi	4,60e	0,11
140	0,5	43,7hi	5,17d	0,12	44,5gh	5,45d	0,13
140	1,0	49,9fg	6,35c	0,15	50,3fg	6,34c	0,16
140	2,0	53,2ef	6,68c	0,16	55,1ef	6,45c	0,17
180	0,0	56,6de	7,55b	0,18	55,7ef	7,56b	0,18
180	0,5	68,3bc	9,43a	0,23	67,2bc	9,45a	0,23
180	1,0	73,6a	10,0a	0,26	74,3a	9,95a	0,27
180	2,0	54,8de	7,78b	0,20	61,9cd	8,15b	0,23

Siffror i samma kolumn som följs av olika bokstäver skiljer sig signifikant åt ($P > 0,05$)

tion i en värld där svält och undernäring är en realitet för delar av befolkningen. Hampa har förmågan att producera mycket biomassa även i kalla klimatområden, vilket resulterar i en bra effektivitet även i stora delar av de nordiska länderna, vilket minskar konkurrensen om åkermark för matproduktion. Hampa kan också användas som en multifunktionell gröda där fibrerna kan användas för att göra rep eller kläder, medan fröna kan användas för oljeutvinning, pro-

duktion av proteinrika livsmedel eller som djurfoder, och resterande delar av plantan kan användas för tillverkning av bio-drivmedel. Dagens sorter är framtagna framför allt med syfte att antingen tillvarata oljan i fröna eller för fiberutvinning.

Vad påverkar etanolutbytet från hampa?

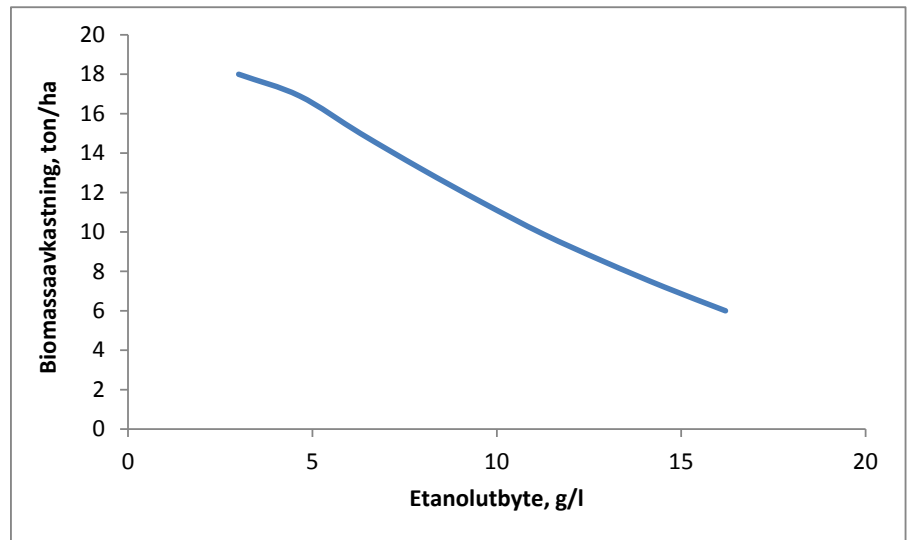
Etanolutbytet hos hampa påverkas dels av hur mycket av olika komponenter (tex glukos, lipider, lignin) som finns i hampan, dels av hur högt utbytet är när de olika

komponenterna bryts ner till glukos och dessutom av hur väl omvandlingen från glukos till etanol sker. I vår studie kunde vi påvisa en viss skillnad i sammansättning av olika komponenter i den hampa som odlats ekologiskt jämfört med den hampa som odlats konventionellt. Ekologiskt odlad hampa hade signifikant högre innehåll av glukos och lipider än konventionellt odlad hampa, medan innehållet av aska och lignin var signifikant lägre (Tabell 1). Trots dessa skillnader i sammansättningen i den ekologiska och konventionellt odlade hampan kunde inga skillnader i glukosutbyte påvisas mellan hampa odlad på olika sätt. Däremot var hydrolyseringshastigheten, dvs hur lång tid det tog att producera glukosen, snabbare för den ekologiska hampan, vilket skulle kunna vara en fördel i en industriell process. Inte heller skillnader i etanolutbyte kunde påvisas mellan ekologiskt och konventionellt odlad hampa. Förbehandlingen av hampan var däremot av stor betydelse både för glukos- och etanolutbyte, med högst utbyte när 1% svavelsyra och 180°C användes som förbehandling (Tabell 2).

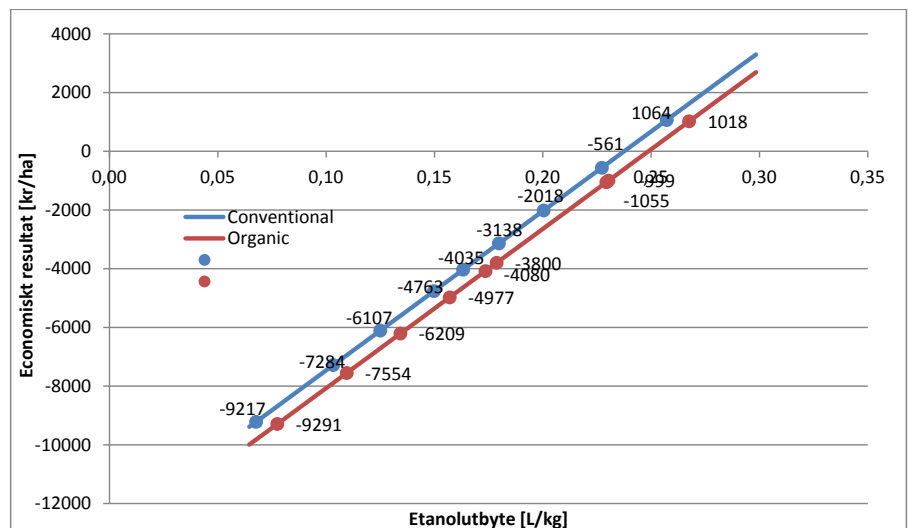
Vad påverkar ekonomin vid odlingen av hampa för etanolproduktion?

Våra ekonomiska analyser visade att med en avkastning hos hampan av 11,6 ton ts per ha krävs det minst 3000 L etanol per ha för att uppnå ett ekonomiskt positivt utfall av odlingen av hampa. För att uppnå 3000 L etanol per ha krävdes i våra försök ett etanolutbyte

om 9,5 g/L (Figur 2), vilket motsvarar 0,25 L/kg. Ett etanolutbyte över 0,25 L/kg erhöles enbart vid förbehandling med 180°C och 1% svavelsyra, och resultaten gällande förbehandlingen var densamma för både den konventionella och den ekologiska hampan (Tabell 2, Figur 3). Detta innebär således, att om hampa bara används för etanolproduktion och inte de högvärdiga delarna av hampan tas till vara först, tex fibrer, protein och olja, samt att avkastningen inte är högre än 11,6 ton/ha så är det bara ekonomiskt lönsamt att producera etanol från hampa om den nämnda förbehandlingen används. Förbehandling med 180 graders temperatur och 1% svavelsyra är troligtvis den mest lämpade förbehandlingen oavsett vilka delar av hampan som tas tillvara innan etanolproduktion och hur hög avkastning som hampan ger. En ökad avkastning utan ytterligare produktionskostnader medför dock ökade möjligheter till ett ekonomiskt positivt utfall av odling av hampa för etanolproduktion. En ökning av avkastningen till 12 ton/ha innebär att kravet på etanolbytet sjunker till runt 9 g/l (Figur 2), alternativt en ökad inkomst av odlingen, osv. Ekonomin i odlingen påverkas förutom av vilka produkter som tas ut ifrån hampan, utbyte av etanol och annat, avkastning, dessutom av marknadspriset på grödor, tex på vete samt av hur starka olika valutor är. Viktiga aspekter att fundera runt när det gäller att odla tex hampa för alternativa användningsområden som tex etanolproduktion är



Figur 2. Samband mellan biomassa-avkastning och etanolutbyte vid en bruttomarginal = 0.



Figur 3. Samband mellan etanolutbytet och ekonomiskt resultat vid en biomassaavkastning på 12,4 ton ts/ha.

dock, vilka andra produkter man kan få ut av samma gröda, vilken avkastningen kan tänkas bli i förhållande till produktionskostnader samt vilket utbyte av olika produkter som är möjligt att uppnå och hur detta ska göras.

Hur gjorde vi försöken?

Inom projektet gjordes fältförsök på Lönnstorps försöksstation, vid Alnarp, där både konventionell

och ekologisk hampa odlades. Jorden var lerjord med ca 15% lera och ca 3% organiskt material. Hampan såddes sent i april och skördades i oktober 2011. Efter att hampan skördats som helplanta, dvs hela den ovanjordiska biomassan, torkades den inomhus i 4 månader vid 18 °C. Därefter hackades hampan i småbitar om 2-3 cm och därefter maldes den. Hampan analyserades där-

efter gällande sammansättningen av olika komponenter. Efter förbehandling av hampan med syra ångbehandlades den i önskad temperatur i 20 resp. 10 min för den lägre resp. högre temperaturen. Därefter torkades den förbehandlade hampan över natten och sparades därefter i frys innan den utsattes för enzymatisk hydrolys och fermentering i 37 °C i 48 timmar.

För de ekonomiska analyserna beräknades kostnader för odling, skörd, transport och lagring. Höstveten användes som ett referensmaterial vid beräkningarna.

Bioraffinaderi i framtiden

Användandet av biomassa från grödor i ett bioraffinaderikoncept är bara i sin linda. Vi har ganska långt kvar till en fullständig förståelse för när det är lämpligt att odla en gröda och för vilket ändamål och var vi kan göra störst vinster såväl ekonomiskt som miljömässigt. Fram till idag har grödor framför allt använts för att producera livsmedel och foder. Livsmedel är definitivt det viktigaste produktionsområdet för grödor även i framtiden. Men möjligheterna att använda biomassa för att producera kemikalier, material, drivmedel etc. ökar. Ett

hållbart nyttjande av grödor och dess restprodukter, t.ex. halm och andra skörderester, för produktion av såväl livsmedel som andra produkter är viktiga byggstenar i ett ekonomiskt och ekologiskt hållbart nyttjande av åkermark i framtiden. Vi jobbar därför vidare i ett multidisciplinärt tänkande där vi kombinerar odlingsaspekter för olika grödor och nyttjandet av dess skörderester med möjliga produkter och koncept och där såväl ekonomiska analyser som livscykelanalyser ingår som viktiga koncept för utvärdering av produktions hållbarhet.

Resultaten som presenteras i detta faktablad kom till i ett samarbete mellan Partnerskap Alnarp och Interreg programmet Bioraffinaderi Öresund. Inom Bioraffinaderi Öresund var vi intresserade av att undersöka möjligheterna till fler och nya användningssätt för produkter från grödor med stor biomassapotentia och med låga insatsbehov i form av gödsling och bekämpning. Detta innebar att hampa blev en av de grödor som ingick i projektet. Hampa är idag ingen stor gröda i Sverige, men har potential att utvecklas till en mer använd gröda än vad den är idag tack vare dess höga avkastning och låga pesticidbehov. För att hampa ska bli intressantare som ny gröda krävs en ökad förståelse av potentiella användningsområden av grödan. Bioraffinaderi Öresund var ett samarbetsprojekt mellan Sveriges Lantbruksuniversitet, Lunds Universitet och Danmarks Tekniska Universitet.

För mer information om resultaten gällande hampa och etanolproduktion se Kuglarz M et al, Ethanol production from industrial hemp: effects of combined dilute acid/steam pretreatment and economic aspects, *Bioresource Technology* 163 (2014) 236-243.

Teknik för skörd av industrihampa, till olika användningsområden, har genomförts i ett par andra projekt som finansierats bland annat av Partnerskap Alnarp:

Jönsson (2011). Fröskörd av hampa – Metoder och tekniker för fröskörd av industrihampa

http://stud.epsilon.slu.se/3752/1/jonsson_h_120109.pdf

Svensson et al. (2010). Utvärdering av metoder för vårskörd av stråbränslen

http://pub.epsilon.slu.se/8100/1/svensson_et_al_110428.pdf

Svensson et al. (2010). Metoder för vårskörd av stråbränslen

http://pub.epsilon.slu.se/8097/1/svensson_et_al_110428_2.pdf

Detta faktablad är utarbetat inom Institutionen för Växtförädling och Institutionen för Biosystem och Teknologi, med finansiering via PA Projekt 509 [HTTP://WWW.SLU.SE/SV/INSTITUTIONER/VAXTFORADLING-BIOTEKNIK/](http://WWW.SLU.SE/SV/INSTITUTIONER/VAXTFORADLING-BIOTEKNIK/), [HTTP://WWW.SLU.SE/SV/INSTITUTIONER/BIOSYSTEM-TEKNOLOGI/](http://WWW.SLU.SE/SV/INSTITUTIONER/BIOSYSTEM-TEKNOLOGI/).

Projektet är samfinansierat av Interreg och Partnerskap Alnarp. Projektansvarig har varit Professor Eva Johansson och adjunkt Sven-Erik Svensson. De ekonomiska analyserna har gjorts av PhD Thomas Prade. EVA.JOHANSSON@SLU.SE, THOMAS.PRADE@SLU.SE, och SVEN-ERIK.SVENSSON@SLU.SE, Institutionen för Växtförädling och Institutionen för Biosystem och Teknologi

Detta faktablad kan hämtas elektroniskt på webbadressen <http://epsilon.slu.se>