

Proteinkvalitet i grönjuice och grönprotein extraherad från vallbiomassa i pilotanläggningen inom projektet Växtproteinfabriken i Alnarp

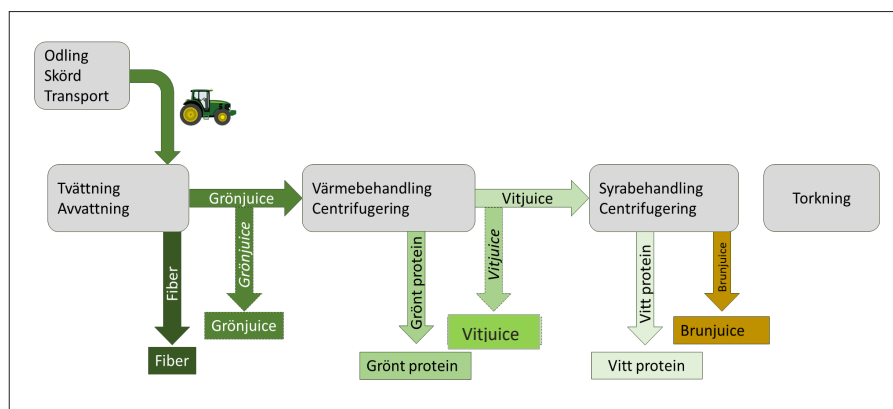
ANNE-CHARLOTTE OLSSON OCH MADELEINE MAGNUSSON

Med en ökande befolkning i världen ökar efterfrågan på protein (Ghaly and Alkoaik, 2010). Utvinning och framställning av proteiner på mer otraditionella och innovativa sätt till både människor och djur rörer därför ett allt större intresse. Det är också önskvärt att produktion och konsumtion är i balans geografiskt. Detta eftersom produktion av proteinråvaror i geografiska områden långt från där de konsumeras, leder till stora obalanser då det gäller resursutnyttjande och miljöbelastningar. Ett exempel är den sedan länge diskuterade sojainporten från Sydamerika till Europa (Naturskyddsföreningen, 2010).

Inledning

Sojans stora fördel är att det är en foderråvara med en mycket fördelaktig aminosyra-sammansättning till enkelmagade djur, bland annat gris (Stein et al., 2013). De först begränsande aminosyrorna till gris är främst lysin, metionin och treonin (Neil, 2010). Rätt balans mellan de olika essentiella aminosyror som djuret har behov av är viktigt för att djuret ska producera maximalt. Aminosyror som djuret inte har behov av deamineras, omvandlas till fett och kolhydrat och resterna avgår från kroppen som urinämne. Detta är belastande för både djur och miljö (Wang et al., 2018; Webb et al., 2014). Ett protein kallas högvärdigt om det har en bra sammansättning av essentiella aminosyror. Hur högvärdigt proteinet i ett livsmedel eller en råvara är, anges som proteinets biologiska värde. Animaliska proteiner är högvärdiga med höga biologiska värden (ca 80), sojaprotein anges ha ett biologiskt värde på 74 (Hoffman and Falvo, 2004), men även bladproteiner har höga biologiska värden. Enligt Parrish et al. (1974) har de flesta bladproteiner biologiska värden över 70.

För att få en så optimal aminosyraprofil i fodret som möjligt, tillsätter man numera syntetiska aminosyror i konventionella foderblandningar till enkelmagade djur. Detta är dock inte tillåtet i ekologisk uppfödning. Ur produktions- och miljösynpunkt är därför en optimal aminosyraprofil i foderråvarorna särskild viktig inom ekologisk produktion.



Figur 1. Beskrivning av process för extraktion av protein vid pilotanläggningen inom projektet Växtproteinfabriken i Alnarp (Källa: Viveka Serwi Hansson, SLU-Holding, Alnarp).

Sojaodling på våra breddgrader är sällan framgångsrik även om en del försök gjorts under senare år (Fogelberg and Fogelberg, 2013). Växtperioden för sojaodling är alltför kort, men istället har produktion av vall och grönmassa en stor potential. I gröna växtdelar är proteinsyntes en viktig aktivitet och i många pågående forskningsprojekt strävar man efter att utnyttja detta på nya och mer effektiva sätt än tidigare.

Försök med att utvinna protein ur grönmassa för användning till humankonsumtion gjordes redan på 60-talet, men ledde då inte till någon större succé, bl a beroende på att de produkter som då framställdes hade en bitter gräsmak och en mörkgrön färg som inte var uppskattad. I den nya forskning som nu pågår, är ambitionen att dela upp bladproteinerna i olika fraktioner med olika egenskaper för att på så sätt få ett maximalt utbyte. Vid Aarhus Universitet i Foulum, Danmark, har man byggt upp ett storskaligt bioraffinaderi för att ta hand om och fraktionera grönmassa för framställning av olika proteinprodukter (Aarhus University, 2020). Vid SLU i Skara/Sötåsen pågår liknande forskning inom projektet Green Valley (Agroväst, 2020). Här ensileras först vallfodret medan själva fraktioneringen sker i ett senare skede. I Alnarp testas teknik för att pressa och utvinna protein från olika typer av grönmassa i en pi-

lotanläggning inom projektet "Växtproteinfabriken".

Principen för fraktionering av grönmassa är att man i första steget separerar fiberdel (pulpa) och press-saft (grönjuice) via någon typ av pressning. Fiberdelen kan med fördel användas som foder till idisslare, medan grönjuicen hanteras vidare i ett flertal steg. Med hjälp av värme- och/eller syrabehandling kan olika fraktioner av proteiner (grönt respektive vitt protein) fällas och centrifugeras ut ur grönjuicen. De vita proteinerna är intressanta för humankonsumtion medan de gröna proteinerna kan få användning bl a som foder till enkelmagade djur. Den slutliga restprodukten (den s k brunjuicen), innehåller socker och mineraler och kan användas i biogasproduktion, som gödningsmedel eller som råvara i en vidare förädling. Separation av grönmassa i en fiberdel till idisslare och i en grön-/vit- protein-koncentratdel till enkelmagade djur innebär ett positivt "win-win"-koncept.Utfodring med enbart fiberdelen till idisslare innebär att man inte riskerar att överutfodra med protein, medan utfodring av enbart proteinkoncentrat till enkelmagade djur innebär en högre smältbarhet och ett bättre utnyttjande av grönmassaprotein till dessa djur (Damborg et al., 2018).

I processen är det vita proteinet det mest vär-

Tabell 1. Skördetidpunkt, sortblandningar, fraktion och pH för de testade grönmassaproverna.

Prov	Skörde-tidpunkt	Sort(blandning)	Fraktion	pH utan syratillsats
Blandvall	2020-05-26	Westerwoldiskt rajgräs + Pavo EKO 23 (20% Lusern, 10% Rödklöver, 5% Vitklöver, 30% Timotej, 20% Eng rajgräs, 15% Rörsvingel)	Grönprotein	5,8 (efter spädning)
Lusern1	2020-06-02	Nexus (SW)	Grönprotein	5,9 (efter spädning)
Lusern2	2020-08-18	Nexus (SW)	Grönjuice	5,6
Rödklöver	2020-06-17	Kelly (Lantmännen)	Grönjuice	5,7
Ärtrev	2020-09-01	Serge (Foodhills)	Grönjuice	5,8

defulla och den del som kan användas på olika sätt för humankonsumtion. Utbytet av vitt protein, men även av grönt protein, från grönmassan är dock begränsat. Enligt siffror som redovisas från Danmark gav 1 kg skördad lusern-grönmassa i medeltal ett utbyte av 315 g fiberfraktion, 138 g i fraktionen med grönt protein, 10,4 g vitt protein, 425 g brunjuice samt en förlust på 111 g (Damborg et al., 2020). Angivet som utbyte per kg torrsbstans i luserngrönmassan utgjorde fiberfraktionen 630 g, fraktionen med det gröna proteinet 132 g, det vita proteinet 8 g, brunjuicen 145 g och förlusten 85 g.

Hantering av stora mängder grönmassa ställer höga krav på kapacitet och optimal hantering för att utbytet ska bli så stort som möjligt. Efter skörd av grönmassan sker en nedbrytning av både socker (respiration) och proteiner (proteolys) i grönmassan. Vid tillgång på syre bryts socker ned till koldioxid och vatten, vilket innebär att energi- och ts-halt i grönmassan minskar och andelen fiber/växtråd ökar (McDonald et al., 2002 se Gustavsson, 2008). Proteiner bryts ned till peptider och aminosyror genom att enzymer, så kallade proteolytiska enzymer, i växten aktiveras. Aminosyror-na kan därefter brytas ned av bakterier (huvudsakligen enterobakterier och clostrider), som finns i grönmassan. Protein- och aminosyranedbrytning innebär en försämring av grönmassans näringsinnehåll och proteinkvalitet. Proteolytiska enzymer är som mest aktiva vid ett pH mellan 6,5 och 8. Sänkning av pH via syratillsats är därför en standardmetod för att minimera proteolys.

I det regionala SLF-projektet "Vall på slätten" vid Biosystem och teknologi i Alnarp, undersöks möjligheterna för en ökad vallodling i specialiserad växtodling i slättbygd. Förutom produktion av protein har vallodling många fördelar ur hållbarhetssynpunkt såsom förbät-

rad markkolsbalans, ökad markbördighet och minskad ogräsförekomst. Komplettering med vall i ensidiga växtföljder med stråsåd skulle därför ge många fördelar på sikt. En viktig förutsättning för en ökad vallodling är dock att producenterna kan garanteras en säker och ekonomisk lönsam avsättning för grönmassan. Fraktionering i bioraffinaderi kan tänkas ge sådana förutsättningar.

I denna studie, som ingår som en mindre del i projektet "Vall på slätten", har ett antal grönmassaprover från försöken i pilotanläggningen inom projektet "Växtproteinfabriken" i Alnarp testats vad gäller lagringsstabilitet och aminosyraprofil.

Material och metoder

Totalt mottog vi material från fem olika grönmassaskördar; blandvall, rödklöver, lusern från två skördetillfällen (lusern1 och 2) samt ärtrev. Den ursprungliga planeringen var att analysera grönjuicen, d v s den blöta fraktion som erhålls i första process-steget efter pressning, då grönmassans fiberdel separeras ifrån. Utfallet blev dock inte helt enligt planeringen. Från skörden av blandvall och lusern1 fick vi istället prov från grönprotein delen, d v s den centrifugerade fraktionen efter att grönjuicen upphettats och den del av juicen som är av intresse för humankonsumtion (vitjuicen) har avskilts (figur 1).

Samtliga prover från pilotanläggningen i Alnarp frystes ned direkt. Då alla prover samlats in och lagrats i 4-7 månader i frysen tinades de upp i kylskåp (ca 3 dygn). För att få grönproteinproverna i vätskefas tillsattes destillerat vatten. Uppvägd mängd grönprotein spädades med samma mängd destillerat vatten. Varje prov delades därefter upp i tre väl uppskakade och likvärdiga delmängder, som hanterades på olika sätt:



Figur 2. Exempel på prover med och utan mögeltillväxt.

- 1) Kontroll. Direkt nedfrysning igen utan åtgärd.
- 2) Lagring utan tillsatsmedel. Lagring i rumstemperatur 1 vecka och därefter nedfrysning.
- 3) Syrabehandling (Promyr) och därefter lagring i rumstemperatur 1 vecka samt nedfrysning.

Syrabehandlingen gjordes med en Promyr-blandning (pH=2,8; 5 ml Promyr XR + 20 ml dest.vatten). Promyr-blandning tillsattes i sådan mängd att pH i alla syrabehandlade prov slutligt blev 4,2. pH kontrollerades även i proverna utan Promyr-tillsats och visade sig variera från 5,6-5,9 (tabell 1). pH-värdet i proverna testades med pH-mätaren pH-Testr 10 från Eutech Instruments (Eutech Instruments, 2021). De lagrade proverna (behandling 2 och 3) bedömdes okulärt efter en vecka strax före nedfrysningen. De nedfrysna proverna levererades till Eurofins i Kristianstad för analys av energi-innehåll (råanalys=analys 1) och aminosyror (analys 2).

Resultat och diskussion

Okulär bedömning av proverna

Vid den okulära besiktningen efter lagring registrerades mögeltillväxt i samtliga prover som inte behandlats med Promyr med undantag för provet från lusern2, i vilket vi inte kunde observera någon synbar mögeltillväxt. I proverna med tillsats av Promyr registrerades inga sådana förändringar (figur 2). Mögeltillväxt får inte förekomma i foder eftersom mögel kan bilda toxiner som är skadliga för både djur och människor (SVA, 2021).

Analys

Samtliga analysresultat från Eurofins redovisas i tabell 2 och 3. Ts-halten i grönprotein före utspädning var ca 25 % för blandvall och lusern1. De högre ts-värdena i grönprotein-proverna jämfört med i grönjuice-proverna visar att vi inte spädde ut grönproteinet så

att det blev lika blött som grönjuicen. De låga ts-värden i grönjuicen visar att grönjuicen är en vattning produkt, som troligen behöver koncentreras för att få en effektiv användning. Särskilt utmärkande var detta för grönjuicen från ärtrev, som innehöll över 95% vatten (tabell 2).

Energiinnehållet varierade mellan 9 och 11 MJ OE per kg ts i de olika proverna. Högst energi-innehåll noterades i det utspädda grönproteinprovet från blandvall, medan röd-klöverjuicen hade lägst energi-innehåll per kg ts. Lusern hade det högsta innehållet råprotein per energienhet i både det utspädda grönproteinprovet (lusern1) och i grönjuicen (lusern2) av de prover som jämfördes (tabell 2). Andelen råprotein, råfett och växttråd av ts var högre i de utspädda grönproteinproverna än i grönjuicen.

Andelen råprotein i % av torrsubstansen uppvisade generellt bra värden. I de utspädda grönproteinproverna visade sig innehållet av råprotein per kg ts vara över 40 % och uppemot 45 % för både blandvall och lusern. Detta är nästan i nivå med tabellvärden för sojamyjöl enligt EvaPig (INRA, n.d.) (ca 49 g råprotein/kg ts). I grönjuiceproverna från lusern utgjordes nästan en tredjedel av torrsubstansen av råprotein. I röd-klöverjuicen var ca en fjärdedel av torrsubstansen råprotein medan lägst innehåll av råprotein återfanns i juicen från ärtrev (tabell 2, figur 3).

Aminosyraprofilerna i de analyserade proverna framgår av tabell 3. Liksom för råprotein var innehållet av lysin, metionin och treonin i torrsubstansen genomgående högre i de utspädda grönproteinproverna jämfört med i grönjuicerna. Detta innebär att proteiner anrikats i grönproteinet vid utfällningen från grönjuicen. På att vi i våra studier inte hade både grönjuice- och grönproteinprover från samma grönmassaskörd kunde vi inte avgöra storleken på denna ökning. I tidigare danska studier (Damborg et al., 2018) redovisades en ökning av mängden råprotein per kg torrsubstans på 25–62% när grönprotein faller ut från grönjuice. Störst ökning redovisades för perent rajgräs, (från 151 g rp/kg ts till 245 g rp/kg ts) och minst ökning för lusern (från 323 g rp/kg ts till 405 g rp/kg ts).

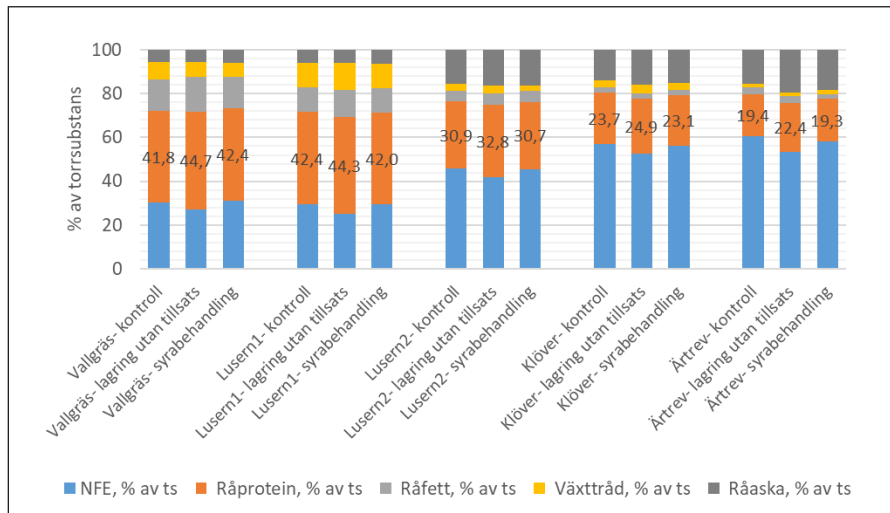
Grönjuicen från lusern hade ett högre innehåll av lysin, metionin, treonin och cystein+cystin jämfört med röd-klöver och ärtrev. Analysresultaten från grönproteinprover av lusern och blandvall visade däremot inte på några större skillnader mellan dessa då det gällde innehåll av råprotein och aminosyror. Innehållet av metionin respektive treonin i förhållande till lysin uppvisade generellt god

Tabell 2. Resultat av råanalys (analys 1)

Fraktion	Prov	Vattenhalt, %	Ts, %	Råprotein, % av ts	Råfett, % av ts	Växttråd, % av ts	Råaska, % av ts	NFE, % av ts	Energi, MJ OE/kg ts
Grönprotein	Blandvall- kontroll	87,3	12,7	41,8	14,3	8,2	5,4	30,3	11,1
	Blandvall- lagring utan tillsats	87,9	12,1	44,7	15,7	6,7	5,7	27,2	11,2
	Blandvall- syrabehandling	87,5	12,5	42,4	14,4	6,4	5,8	31,0	11,2
Lusern1	Lusern1- kontroll	87,9	12,1	42,4	11,4	11,1	5,8	29,3	9,9
	Lusern1- lagring utan tillsats	88,4	11,6	44,3	12,6	12,0	6,1	25,0	9,8
	Lusern1- syrabehandling	87,5	12,5	42,0	11,3	11,0	6,3	29,4	9,8
Grönjuice	Lusern2- kontroll	92,5	7,5	30,9	4,9	3,1	15,4	45,7	9,2
	Lusern2- lagring utan tillsats	92,9	7,1	32,8	5,5	3,4	16,3	42,0	9,1
	Lusern2- syrabehandling	92,6	7,4	30,7	5,0	2,4	16,3	45,6	9,1
Röd-klöver	Röd-klöver- kontroll	91,3	8,7	23,7	2,5	3,0	14,0	56,8	9,1
	Röd-klöver- lagring utan tillsats	92,0	8,0	24,9	2,7	4,0	15,7	52,7	8,8
	Röd-klöver- syrabehandling	91,4	8,6	23,1	2,3	3,5	14,9	56,2	9,0
Ärtrev	Ärtrev- kontroll	96,5	3,5	19,4	2,9	1,6	15,6	60,5	10,7
	Ärtrev- lagring utan tillsats	97,0	3,0	22,4	2,9	1,7	19,5	53,5	10,1
	Ärtrev - syrabehandling	96,7	3,3	19,3	2,2	2,1	18,1	58,3	10,3

Tabell 3. Analysresultat aminosyror (analys 2)

Fraktion	Prov	Vattenhalt, %	Ts, %	Råprotein i ts, %	Lysin, g/kg råprotein	Metionin, g/kg råprotein	Treonin, g/kg råprotein	Cystein+Cystin, g/kg råprotein
Grön-protein	Blandvall- kontroll	87,1	12,9	42,2	67,3	23,1	52,8	6,2
	Blandvall- lagring utan tillsats	87,7	12,3	44,1	64,6	21,4	48,3	4,9
	Blandvall- syrabehandling	87,8	12,2	42,1	66,0	23,3	50,8	4,8
Lusern1	Lusern1- kontroll	87,3	12,7	42,4	68,4	23,8	50,2	7,2
	Lusern1- lagring utan tillsats	87,9	12,2	44,8	62,9	22,3	50,9	5,6
	Lusern1- syrabehandling	87,8	12,2	42,3	65,7	19,0	50,4	7,5
Grön-juice	Lusern2- kontroll	92,6	7,4	30,8	52,9	15,2	41,9	10,0
	Lusern2- lagring utan tillsats	93,2	6,8	32,2	50,3	13,8	39,4	8,0
	Lusern2- syrabehandling	92,6	7,4	31,1	50,2	13,9	39,9	8,3
Röd-klöver	Röd-klöver- kontroll	91,5	8,5	23,6	48,7	12,5	39,4	5,0
	Röd-klöver- lagring utan tillsats	91,9	8,1	25,2	50,8	12,9	38,8	6,5
	Röd-klöver- syrabehandling	91,4	8,6	23,2	48,3	12,5	38,0	6,4
Ärtrev	Ärtrev- kontroll	96,5	3,5	19,3	42,1	9,0	37,9	4,0
	Ärtrev- lagring utan tillsats	97,0	3,0	21,7	33,4	8,4	31,7	0,3
	Ärtrev- syrabehandling	96,7	3,3	19,4	36,7	11,4	40,4	0,4



Figur 3. Resultat av råanalys (analys 1) i diagramform.

överensstämmelse till värden som redovisas i foderrekommendationer från SLU till olika kategorier av gris (Göransson et al., 2010).

Analysresultaten från vår studie visar på liknande resultat som redovisats i en betydligt mer omfattande analysstudie utförd i Danmark (Damborg et al., 2020). I de danska studierna redovisades ett genomsnittligt råproteininnehåll i grönjuiceproverna på 249 g per kg ts. Detta kan jämföras med ett medeltal på 252 g råprotein per kg ts i våra grönjuiceprover.

För innehållet av lysin, metionin och treonin i råprotein (g/kg) (tabell 3) visade våra analysresultat något högre värden (+ ca 10-15%) jämfört med i den danska studien (Damborg et al., 2020: Appendix A, Supplementary data). Text redovisades 56,7 g lysin per kg råprotein i grönprotein från lusern i den danska studien jämfört med 65,7 g lysin per kg råprotein i vår studie. Värdena är i nivå med det värde för lysininnehåll i råprotein (61,3 g/kg) som kan hämtas från EvaPig (INRA, n.d.) för sojamjöl (Sojamjöl 46).

Skulle 1 kg av sojamjöl (Sojamjöl 46) (88% ts; 432 g rp och 13,3 MJ (OE)) ersättas med grönprotein från blandvall i vår studie med motsvarande ts-halt på 88% (370 g rp; 9,8 MJ (OE)) så skulle det behövas 1,17 kg grönprotein för att motsvara samma råproteinmängd.

Vid samma råproteinmängd blir dock mängden energi (MJ OE) 14% mindre p g a lägre energiinnehåll i grönprotein. Enligt (Damborg et al., 2020) produceras 132 g ts grönprotein (lusern)/kg ts grönmassa (lusern), och det krävs därmed 7,6 kg ts grönmassa eller 38,6 kg grönmassa (20% ts) för att ersätta råproteinmängden i 1 kg soja i detta exempel. Det bör dock poängteras att ovanstående resonemang gäller för totala innehållet av råprotein och omsättbar energi. För uppgifter om smältbarhetskoefficienter krävs kompletterande foderförsök.

I de danska studierna konstaterades lägre råproteinhalt hos perent rajgräs jämfört med i de baljväxtblandningar (vitklöver, rödklöver och lusern) som studerades. I vår studie användes en blandvall då rajgräs kompletterats med innehåll av både lusern och klöver, vilket resulterade i en jämförelsevis bra råproteinhalt (tabell 3). Detta visar på att det finns stor potential i odling av vall beroende på sortsammansättning och odlingsbetingelser.

Jämförelsen mellan de olika behandlingarna med avseende på lagringsstabilitet visade på en signifikant minskning av ts-halten (beräknat som medelvärde mellan analys 1 och 2) i förhållande till kontroll, då proverna lagrats utan tillsats av syra jämfört med lagring med syra ($p=0,002$). Detta förklarades av ett signi-

fikant ($p=0,001$) minskat innehåll av kvävefria extraktivämnen (NFE) (tabell 2). Tolkningen är att socker har förlorats genom respiration. Som en följd av detta kom istället den procentuella andelen av övriga beståndsdelar i råanalysen (råprotein, råfett, växttråd och aska) att öka (tabell 2, figur 3). Däremot gick det inte att påvisa någon tydlig skillnad i råproteinhalt och aminosyraprofil beroende på om provet lagrats med eller utan syratillsats.

Slutsatser

De utförda analyserna visade på ett högt råproteininnehåll och en bra aminosyrasammansättning i de studerade biomassafraktionerna från pilotanläggningen i Alnarp.

Grönproteinets innehåll av råprotein och aminosyror var i nivå med sojamjöl och bedöms därför kunna ingå som ett värdefullt proteinfodermedel i foder till enkelmagade djur. Grönprotein kan vara särskilt intressant i foderblandningar till ekologiska grisar eftersom syntetiska aminosyror inte får tillsättas i dessa blandningar.

Direkt användning av grönjuicen i blötfoderblandningar till gris bedöms däremot inte som realistisk, dels p g a ett lågt innehåll av råprotein och aminosyror än i grönproteinet.

Tillsats av syra (Promyr-blandning) minskade förlusterna av torrsubstans och kvävefria extraktivämnen (NFE), samt förhindrade mögeltillväxt i blötfodret. Däremot kunde inte någon förändring av råprotein- och aminosyrainnehåll konstateras vid lagring utan syra.

Näringsmässigt bedöms utvinning av protein från grönmassa som mycket intressant. Utmaningen ligger i att få ekonomisk hållbarhet i hanteringen eftersom det är stora mängder grönmassa som ska hanteras och utbytet av de mest attraktiva fraktionerna är förhållandevis litet.

Referenser

Referenslista ryms inte i Faktabladet men kan fås via kontakt med författarna

- Faktabladet är utarbetat inom LTV-fakulteten och Institutionen för Biosystem och Teknologi, <https://www.slu.se/institutioner/biosystem-teknologi/>
- Studien ingår som en mindre del i det regionala SLF-projektet "Vall på slätten".
- Projektansvariga: Anne-Charlotte Olsson (anne-charlotte.olsson@slu.se) och Madeleine Magnusson (madeleine.magnusson@slu.se)