



Bioraffinering av ensilage

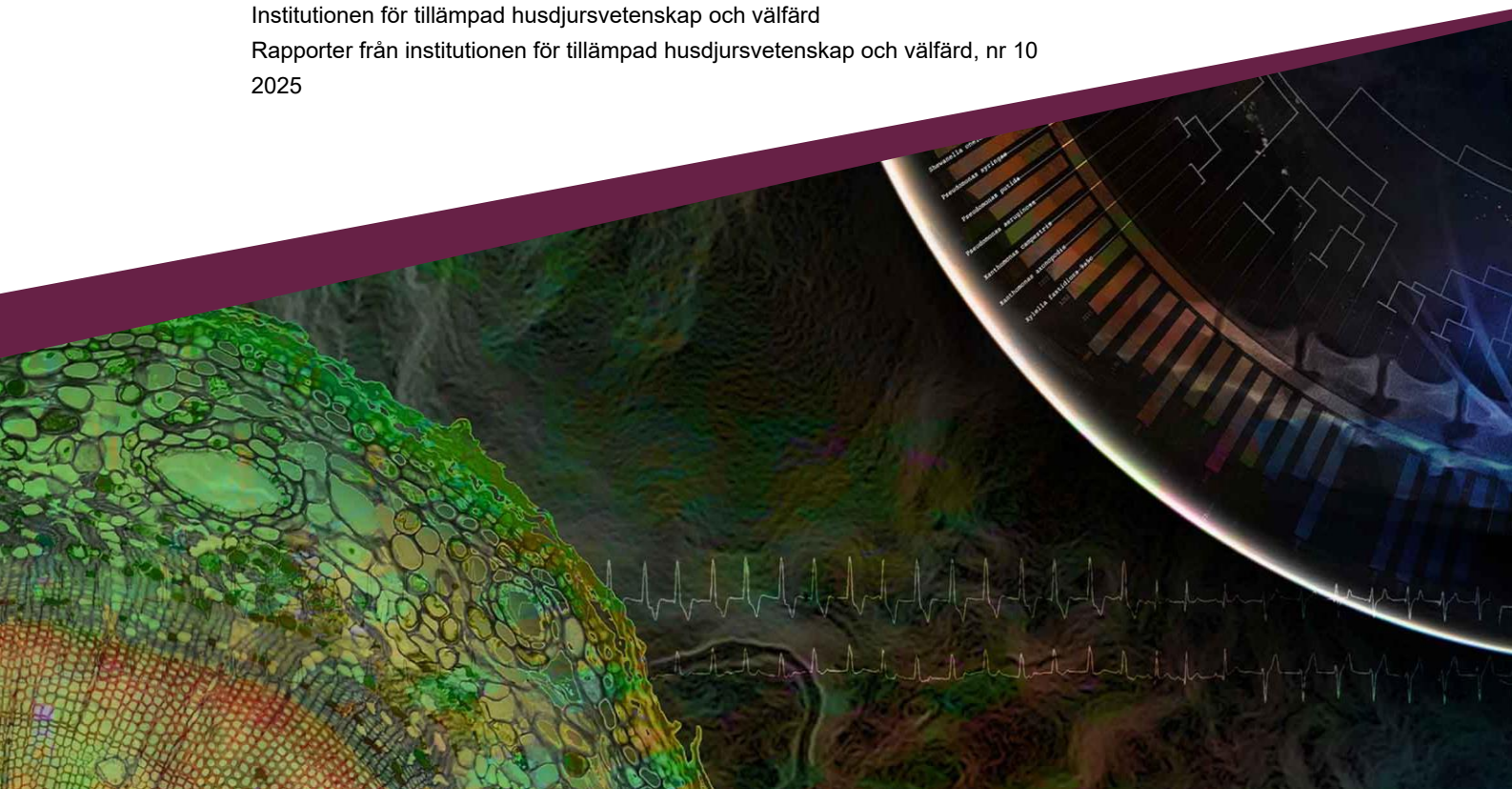
Utbyte och aminosyrainnehåll

Dan-Axel Danielsson, Frida Dahlström, Elisabet Nadeau

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd

Rapporter från institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd, nr 10
2025



Bioraffinering av ensilage. Utbyte och aminosyrainnehåll

Dan-Axel Danielsson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd,

Frida Dahlström, <https://orcid.org/0000-0002-6820-9076>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd

Elisabet Nadeau, <https://orcid.org/0000-0001-7430-2122>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd

Utgivare:	Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd
Utgivningsår:	2025
Utgivningsort:	Skara
Upphovsrätt:	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Serietitel:	Rapporter från institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd
Delnummer i serien:	10
ISSN:	2004-934X
ISBN (elektronisk version):	978-91-8124-015-3
DOI:	https://doi.org/10.54612/a.3o6006vng6
Nyckelord:	bioraffinering, ensilage, utbyte, aminosyror

© 2025 Dan-Axel Danielsson, Frida Dahlström, Elisabet Nadeau

Detta verk är licenserat under CC BY NC 4.0, andra licenser eller upphovsrätt kan gälla för illustrationer.

Sammanfattning

Beroendet av importerad soja och behovet av mer varierande växtföljder i slättlandskapet har gjort att intresset för bioraffinering ökat. Om ensilage bioraffineras skulle bioraffineringsanläggningen kunna köras året om och det skulle förbättra ekonomin för en sådan anläggning. Syftet med denna studie var att kartlägga nivåer och variationen i näring med fokus på protein och enskilda aminosyror primärt i pressjuice.

Ensilage från fyra olika silos bioraffinerades och utbytesberäkningar gjordes. Aminosyra innehållet i ensilage, presskaka och pressjuice analyserades. Av råproteinet hamnade 10–35 % i pressjuicen och 17–50 % av askan. Ensilagets torrsubstanshalt hade stor betydelse för utbytet. Torrt ensilage gav lågt utbyte. Innehållet av den för grisar viktiga aminosyran lysin i pressjuicen var mellan 4,9 och 6,2 % av råproteinet. Halterna av de för fjäderfä viktiga aminosyror cystein och metionin var låga eller ej mätbara. Innehållet av övriga aminosyror redovisas i rapporten. Variationen i proteinkvalitet mellan de olika silorna och resultat från andra studier var stor. Analys av aminosyror och annat innehåll i pressjuicen är nödvändigt för att kunna erbjuda djuren balanserade foderstater.

Nyckelord: bioraffinering, ensilage, utbyte, aminosyror

Biorefining of silage, mass balance and content of amino acids

The dependence on imported soya bean meal and the need for more varied crop rotations in the plains landscape have increased interest in biorefining. If silage is biorefined, the biorefining plant could be run year-round and this would improve the economics of such a plant. The aim of this study was to map levels and variation in nutrition with a focus on protein and individual amino acids primarily in pressed juice.

Silage from four different silos was biorefined and mass balance calculations were made. The amino acid content of silage, press cake and press juice was analyzed. 10–35% of the crude protein ended up in the press juice and 17–50% of the ash. The silage dry matter content was of great importance for the mass balance. Dry silage gave less of the nutrients in the press juice. The content of the amino acid lysine, which is important for pigs, in the press juice was between 4.9 and 6.2% of the crude protein. The levels of the amino acids cysteine and methionine, which are important for poultry, were low or not measurable. The content of other amino acids is reported in the report. The variation in protein quality between the different silos and results from other studies was large. Analysis of amino acids and other content in the press juice is necessary to offer animals balanced diets.

Keywords: biorefining, silage, mass balance, amino acids

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	5
1. Bakgrund	7
2. Material och metoder	9
2.1 Vallar	9
2.2 Provtagning	9
2.3 Kemiska analyser	10
3. Resultat och diskussion	11
3.1 Botanisk sammansättning	11
3.2 Utvecklingsstadier	12
3.3 Utbyte av torrsubstans, aska och råprotein	12
3.4 Innehåll av aminosyror	15
3.5 Proteinkvalitet	22
3.6 Utbyte av aminosyror	24
3.7 Jämförelse med andra fodermedel	25
3.8 Slutsatser	26
Referenser	28
Tack	30

Tabellförteckning

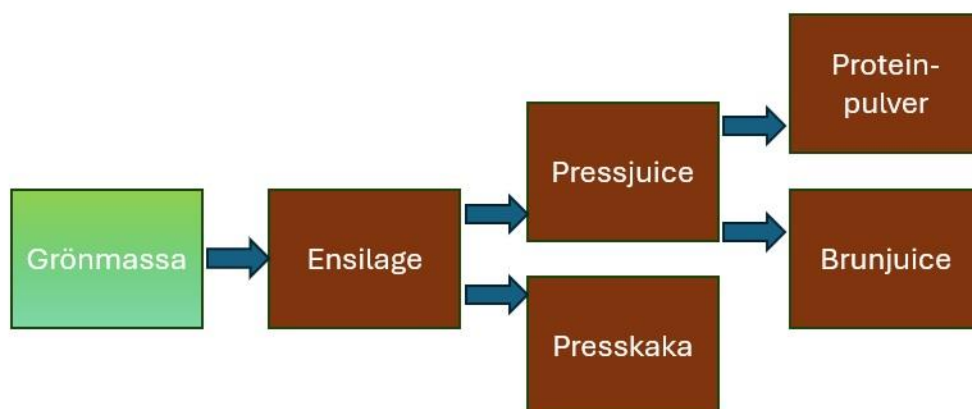
Tabell 1. Botanisk sammansättning i de undersökta vallarna, % av ts.....	11
Tabell 2. Gräsens utvecklingsstadier vi de olika skördarna, andel i % olika stadier, stadier enligt Zadoks (1974)	12
Tabell 3. Klövers utvecklingsstadier vi de olika skördarna, andel i % olika stadier, stadier enligt Zadoks (1974)	12
Tabell 4. Torrsubstanshalter i de olika siloerna, %	13
Tabell 5. Utbytet av torrsubstans i de olika siloerna, % av ensilage	13
Tabell 6. Innehåll av aska per kg torrsubstans, %	13
Tabell 7. Utbytet av aska, % av ensilage	14
Tabell 8. Innehåll av råprotein per kg torrsubstans, %.....	14
Tabell 9. Utbytet av råprotein, % av ensilage	14
Tabell 10. Innehåll av alanin, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart.....	15
Tabell 11. Innehåll av arginin, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart.....	16
Tabell 12. Innehåll av aspargin och asparginsyra, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart	16
Tabell 13. Innehåll av cystein, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart.....	16
Tabell 14. Innehåll av glutamin och glutaminsyra, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart	17
Tabell 15. Innehåll av glycin, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart.....	17
Tabell 16. Innehåll av histidin, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart.....	17

Tabell 17. Innehåll av isoleucin, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart.....	18
Tabell 18. Innehåll av leucin, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart.....	18
Tabell 19. Innehåll av lysin, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart.....	18
Tabell 20. Innehåll av metionin, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart.....	19
Tabell 21. Innehåll av fenylalanin, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart.....	19
Tabell 22. Innehåll av prolin, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart.....	19
Tabell 23. Innehåll av serin, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart.....	20
Tabell 24. Innehåll av treonin, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart.....	20
Tabell 25. Innehåll av tryptofan, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart.....	20
Tabell 26. Innehåll av tyrosin, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart.....	21
Tabell 27. Innehåll av valin, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart.....	21
Tabell 28. Aminosyrainnehåll pressjuicen från de olika siloerna analyserat av Eurofins och i två jämförbara studier uttryckt som % av råprotein (em = ej mätbart ea = ej analyserat)	23
Tabell 29. Andel, % av aminosyromna som återfanns i pressjuicen, analyser från Eurofins (ea = ej analyserbart).....	24
Tabell 30 Innehåll av respektive aminosyra g i pressjuicen per ton bioraffinerat ensilage	25
Tabell 31. Mängd av olika fodermedel som behövs för att erhålla 1 kg av respektive aminosyra.	25

1. Bakgrund

Beroendet av importerad soja och behovet av mer varierande växtföljder i slättlandskapet har gjort att intresset för bioraffinering ökat. Soja importeras i huvudsak från Brasilien och odlingen där sker på bekostnad av regnskogen med allvarliga klimatförändringar som följd. En växtföljd i slättlandskapet där mer vall ingick skulle minska läckaget av växtnäringsämnen, öka den biologiska mångfalden och minska behovet av växtskyddsmedel.

Kortfattat går bioraffinering till så att det som vallgrödor pressas i en skruvpress och ut kommer två fraktioner, en vätskefas (pressjuice eller grönjuice) och en fast fas (presskaka). Här kommer vätskefasen att benämnas pressjuice eftersom när man pressar ensilage blir vätskefasen brun och inte grön som den blir när grönmassa pressas. Presskakan kan användas som foder till idisslare eller som substrat för biogas, men andra användningsområden är under utveckling. Pressjuicen kan utfodras till grisar, men för att få en produkt med högre användarbarhet och längre hållbarhet behöver pressjuicen förädlas vidare. Genom att fälla ut proteinerna med värme eller syra och sedan centrifugera pressjuice får man ut ett proteinpulver och ytterligare en vätskefas som benämns brunjuice. Proteinpulvret kan användas i foder till grisar och fjäderfä, men också förädlas vidare för användning i foder till fiskar eller i förlängningen till human konsumtion. Metodutveckling pågår.



Figur 1. Schematisk bild över bioraffinering av ensilage

Mycket av utvecklingsarbetet inom bioraffinering har gjorts i Danmark och i huvudsak genom att bioraffinera färsk grönmassa. Om i stället ensilage användes skulle bioraffineringsanläggningen kunna köras året om och det skulle förbättra ekonomin för en sådan anläggning. Det är därför av intresse att utvärdera utbyte och näringskvalitet på ensilage som bioraffinerats. Värden på utbyte och proteinkvalitet har stort inflytande på lönsamheten för bioraffinering av vall. Ensilage och grönmassa skiljer sig åt avseende vissa egenskaper och hur det påverkar utbyte och näringsvärde behöver undersökas.

Vid ensilering bryts en del av proteinet i grönmassan oundvikligt ner och sänker proteinets näringsvärde (Rooke & Hatfield, 2003). I en opublicerad studie inom Green Valleys studerades proteinutbytet i ensilaget av andraskörd jämfört med grönmassan. Andelen sant protein i ensilaget var 70 % av det i grönmassan för det ensilage som ensilerats utan tillsatsmedel. För det ensilage som ensilerats med antingen ett saltbaserat, ett syrabaserat eller ett bakteriepreparat var andelen 75 %. Skillnaden mellan med eller utan tillsatsmedel var signifikant, men inga signifikanta skillnader mellan tillsatsmedlen sågs. I grönmassan var 3 % av kvävet i ammoniakform men i ensilaget var 16 % det. Inga analyser av aminosyror gjordes i denna studie. Inom samma studie studerades ensilage av första skörd och då gav syra- och saltpreparat signifikant högre mängd sant protein jämfört med obehandlat och bakteriepreparat. Inga aminosyraanalyser eller analyser av grönmassan gjordes av första skörden. Ett lägre utbyte av protein är när ensilage används är väntat.

Syftet med denna studie var att kartlägga nivåer och variationen i näring med fokus på protein och enskilda aminosyror primärt i pressjuice men även i presskakan när ensilage pressas i bioraffinaderi.

Denna studie har varit en del av projektet Green Valleys 2.0 som letts av Agroväst Livsmedel AB och med SLU, Aarhus universitet, Hushållningssällskapet Sjuhärad, Chalmers, Naturbruksförvaltningen vid Västra Götalandsregionen och Skive Kommun och finansierats av EU-programmet Interreg Öresund-Kattegat-Skagerrak.

Denna studie har skett i nära samarbete mellan Naturbruksförvaltningen vid Västra Götalandsregionen och SLU och data har också delats med Aarhus universitet.

2. Material och metoder

2.1 Vallar

På Naturbruksskolan Sötåsen (58.68076,14.13415) skördades och ensilerades 13 vallar vid tre tillfällen under 2023. Vallarna var 1–3 år gamla och bestod av gräs och baljväxter. Baljväxterna var av rödklöver (*Trifolium pratense*) och vitklöver (*Trifolium repens*), samt i förstaårsvallarna även käringtand (*Lotus corniculatus*). Dominerande gräs var timotej (*Phleum pratense*) och ängssvingel (*Festuca pratensis*) samt i förstaårsvallarna även engelskt rajgräs (*Lolium perenne*), men i några vallar förekom även ängsgröe (*Poa pratensis*), rödsvingel (*Festuca rubra*) och rörsvingel (*Festuca arundinacea*).

De flesta vallarna gödslades med rötrest från skolans biogasanläggning (ca 20 ton/ha) inför första skörd. Några vallar gödslades med urin (40 ton/ha) inför tredjeskörd.

Vallarna skördades 29 maj, 17 juli och 11 september. Första skörden fördelades mellan två silos. I huvudsak lades skörden från de äldre vallarna i silo 1 och de yngre vallarna lades i silo 4. Andraskörden lades i silo 3 och tredjeskörden lades i silo 2.

Vid ensileringen tillsattes 3,4 liter ProMyr XR680 per ton grönmassa. ProMyr XR680 innehåller myrsyra, propionsyra och natriumformiat.

2.2 Provtagning

Vallprover klipptes från det största skiftet av en yngre vall och det största skiftet av en äldre vall dagen innan respektive skördetillfälle. Proverna klipptes utmed en diagonal linje över skiftet med ca 10 m mellanrum. Vid varje provställe togs ett representativt prov av den stående grödan. Den insamlade grödan sorterades i fraktionerna gräs, baljväxter, ogräs och dött material. De olika fraktionerna vägdes och torkades i 105°C i 20–24 timmar och vägdes igen. Utvecklingsstadium enligt Zadoks et al. (1974) för gräs och klöver noterades.

Utbytesberäkningar gjordes och prover för analys togs vid tre tillfällen för varje plansilo. Det gjordes när silon var relativt nyöppnad; när den var tömd till hälften

och när plansilon nästan var tömd, men 1 - 3 meter kvar till väggen. Materialet togs i mitten av plansilons snittyta. Det översta och det understa lagret samt sidokanterna undveks.

Vid varje tillfälle bioraffinerades ca 2 000 kg ensilage på Sötåsens försöksanläggning för bioraffinering. Fraktionerna vägdes före (ensilage) eller efter (presskaka och pressjuice) bioraffineringen.

Ensilaget pressades mekaniskt genom en press av märket GS och modellen P 15 (GS Supply SDN BHD, Malaysia). Hastigheten på skruven sattes till 80% av maxhastighet och trycket till 25 ampere.

Prover på fraktionerna samlades kontinuerligt under tiden pressen gick och slogs samman till ett prov på cirka 5 kg vardera av ensilage och presskaka samt cirka 5 liter pressjuice. Pressjuiceproverna samlades direkt från pressen och grovsilades innan analys. Proverna frystes i -18 °C på plats.

2.3 Kemiska analyser

Innan de kemiska analyserna gjordes slogs de tre prov som kom från samma silo samman.

Analyser av råprotein och aska gjordes vid THV Analyslaboratorium, SLU, Uppsala.

Innehållet av aminosyror analyserade hos Qlip, Zutphen, Nederländerna och Eurofins, Kristianstad, Sverige.

3. Resultat och diskussion

Nedan redovisas botanisk sammansättning, utvecklingsstadier på skördad vall, utbyte av olika fraktioner och resultaten av aminosyraanalyserna.

3.1 Botanisk sammansättning

I tabell 1 redovisas den botaniska sammansättningen i de vallar som användes för att producera ensilage.

Tabell 1. Botanisk sammansättning i de undersökta vallarna, % av ts

	Ettårig vall	Treårig vall
Förstaskörd		
Gräs	69,5	89,6
Baljväxter	20,5	8,7
Ogräs	0,5	0,2
Dött material	9,5	1,5
Andraskörd		
Gräs	55,2	61,5
Baljväxter	38,4	36,1
Ogräs	4,6	0
Dött material	1,7	2,5
Tredjeskörd		
Gräs	49,1	73,0
Baljväxter	44,2	24,9
Ogräs	0	0
Dött material	6,7	2,1

Sötåsen bedrivs ekologisk och har därför en relativt hög andel baljväxter i sina vallar.

3.2 Utvecklingsstadier

I tabell 2 redovisas gräsens utvecklingsstadier vid skörd i de vallar som användes för att producera ensilage.

Tabell 2. Gräsens utvecklingsstadier vid de olika skördarna, andel i % olika stadier, stadier enligt Zadoks (1974)

	Ettårig vall	Treårig vall
Förstaskörd		
Bladstadium, 1	29	8
Nodstadium, 3a	66	60
Ax/vippansvällning, 4	2	19
Ax/vippgång, 5a	2	13
Andraskörd		
Bladstadium, 1	29	58
Nodstadium, 3a	19	22
Blomning, 5b	52	19
Tredjeskörd		
Bladstadium, 1	100	96
Nodstadium, 3a		4

I tabell 3 redovisas klövernens utvecklingsstadier vid skörd i de vallar som användes för att producera ensilage.

Tabell 3. Klövernens utvecklingsstadier vid de olika skördarna, andel i % olika stadier, stadier enligt Zadoks (1974)

	Ettårig vall	Treårig vall
Förstaskörd		
Bladstadium, 1	100	100
Andraskörd		
Bladstadium, 1	26	51
Knoppansvällning, 4	31	
Sen blomning, 6b	43	41
Tredjeskörd		
Bladstadium, 1	53	100
Stjälksträckning, 3	15	
Blomning, 6a	32	

3.3 Utbyte av torrsubstans, aska och råprotein

Resultaten redovisas och jämförs i första hand med Resch et al. (2024) som gjort försök med i många fall liknade förutsättningar. Det försöket är utfört på en

försöksanläggning i Österrike som odlar ekologisk och det är ensilage som bioraffinerats. I det fallet är det rundbalsensilage.

I tabell 4 redovisas torrsubstanshalterna för ensilagen i de olika siloerna och vilka torrsubstanshalter som erhållen presskaka och pressjuice innehöll.

Tabell 4. Torrsubstanshalter i de olika siloerna, %

Skörd	Silo	Ensilage	Presskaka	Pressjuice
1	1	36	46	17
1	4	33	46	17
2	3	46	52	19
3	2	23	43	9

Som väntat speglas ensilagens ts-halter i ts-halterna i respektive presskaka och pressjuice. Ts-halten i silo 3 är högre än vad som allmänt rekommenderas för plansilo.

I tabell 5 redovisas hur stor del av torrsubstansen som hamnade i de olika fraktionerna.

Tabell 5. Utbytet av torrsubstans i de olika siloerna, % av ensilage

Skörd	Silo	Presskaka	Pressjuice	Förluster
1	1	71	24	5
1	4	78	17	5
2	3	90	8	2
3	2	75	21	4

I opublicerade resultat från samma gård och press har 64,4 % - 72,8 % av torrsubstansen hamnat i presskakan och 16,1 % - 18,0 % av torrsubstansen hamnat i pressjuicen. Utbytet av pressjuice var lägre från andraskörden (silo 3) vilket troligtvis beror på den höga ts-halten i ensilaget. Resultaten överensstämmer med resultaten i en metaanalys av Franco et al. (2019) som visade att utbytet av pressjuice minskade med höjd ts-halt i ensilaget. Resch redovisar att 25,5% av ts hamnade i pressjuicen, 67,8 % i presskakan och 6,7 % som förluster med ett ensilage som höll 31,6 % ts.

I tabell 6 redovisas innehållet av aska för ensilagen i de olika siloerna och vilka torrsubstanshalter som erhållen presskaka och pressjuice innehöll.

Tabell 6. Innehåll av aska per kg torrsubstans, %

Skörd	Silo	Ensilage	Presskaka	Pressjuice
1	1	7	6	14
1	4	8	5	13
2	3	9	8	20
3	2	8	5	13

Innehållet av aska överensstämmer med svenska tabellvärden för ensilage med 25 - 50 % baljväxter som är 8,3 (Spörndly, 2003) Resch (2024) redovisar högre halter av aska. Ensilaget innehöll 10,7 % aska per kg ts och även högre halter i presskakan (7,7 %) och pressjuicen (18,4 %).

I tabell 7 redovisas hur stor del av askan som hamnade i de olika fraktionerna.

Tabell 7. Utbytet av aska, % av ensilage

Skörd	Silo	Presskaka	Pressjuice	Förluster
1	1	61	35	4
1	4	41	50	9
2	3	84	17	(-1)
3	2	50	48	2

Silo 3 som avviker med liten andel aska i pressjuicen. Det beror på att det ensilaget var torrt och lite pressjuice producerades. Resch et al. (2024) redovisar att 44,0 % av askan hamnade i pressjuicen, 48,9 % i presskakan och förlusterna var 7,1 %.

I tabell 8 redovisas innehållet av råprotein för ensilagen i de olika siloerna och vilka torrsbstanshalter som erhållen presskaka och pressjuice innehöll.

Tabell 8. Innehåll av råprotein per kg torrsbstans, %

Skörd	Silo	Ensilage	Presskaka	Pressjuice
1	1	13	11	18
1	4	13	12	21
2	3	14	14	19
3	2	15	10	16

Innehållet av aska överensstämmer med svenska tabellvärden för ensilage med 25 - 50 % baljväxter som är 8,3 (Spörndly, 2003). Resch et al. (2024) redovisar liknade värden med 14,6 % för ensilage, 12,6 % för presskakan och 20,4 för pressjuicen.

I tabell 9 redovisas hur stor del av råproteinet som hamnade i de olika fraktionerna.

Tabell 9. Utbytet av råprotein, % av ensilage

Skörd	Silo	Presskaka	Pressjuice	Förluster
1	1	67	25	8
1	4	68	35	(-3)
2	3	88	10	2
3	2	68	35	(-3)

Med undantag av det torra ensilaget i silo 3 överensstämmer resultaten med de resultat Resch et al. (2024) redovisar där 35,7% av råproteinet hamnade i pressjuicen, 58,6 % i presskakan och 5,7 % som förluster.

I opublicerade resultat från samma press har 55,5 - 62,7 % av råproteinet hamnat i presskakan och 31,9 - 35,7 % av råproteinet hamnat i pressjuicen.

3.4 Innehåll av aminosyror

Först skickades proverna för aminosyraanalys till Qliplaboratoriet. För en del av aminosyror var innehållet i proverna lägre än vad de kunde mäta med sin metod. Därför skickades proverna till Eurofins laboratorium. Eurofins frystorkade alla prover innan analys, men frystorkad pressjuice blev som klister och kunde inte analyseras. Därför kördes analyserna av pressjuicen på våt vara. Eurofins hittade mätbara värden för de flesta, men ej alla aminosyror. I tabellerna 10 - 27 redovisas värden från båda laboratorierna.

Innehållet av olika aminosyror har liten betydelse för idisslare då en hel del av dessa omsätts i våmmen. Däremot är det av avgörande betydelse för enkelmagade djur. Eftersom det är pressjuicen i sig eller i förädlad form som är tänkt att används till enkelmagade djur kommenteras här endast innehållet av olika aminosyror i pressjuicen.

Jämförelser görs med fyra andra någorlunda jämförbara studier där pressjuice från ensilage analyserats avseende aminosyror. Presto Åkerfeldt et al. (2022) har tidigare analyserat tre aminosyror i pressjuice från Sötåsen 2020 när de utförde ett utfodringsförsök med tillväxtgrisar. Råproteinhalten i pressjuicen var 15,7 %. Perez Davila (2023) har också analyserat aminosyror från Sötåsen 2021 i sin smältbarhetsstudie på grisar. I det för sökret var råproteinhalten 15,4 %. (Keto et al. (2021) har analyserat ensilage av timotej/ängssvingel från förstaskörd i plansilo med en TS-halt på 21% och en råproteinhalt på 27,9 %. Myrsyra användes som tillsatsmedel vid ensileringen. Resch et al. (2024) har analyserat rundbalat ensilage från förstaskörd av en blandvall bestående av mestadels rödklöver, timotej och engelskt rajgräs. Inga tillsatsmedel användes vid ensileringen. Råproteinhalten var 20,4 %

I tabell 10 redovisas erhållna värden för alanin i olika fraktioner och från de olika siloerna.

Tabell 10. Innehåll av alanin, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart

Skörd	Silo	Ensilage	Presskaka	Pressjuice
1	1	7,3/7,6	6,3/6,0	14,1/12,8
1	4	8,5/8,7	6,1/7,0	12,9/16,4
2	3	8,6/7,8	7,8/7,4	13,8/13,1
3	2	9,4/7,3	7,0/6,4	17,8/16,1

Keto et al. (2021) redovisar 21,6 g/kg ts, Perez Davila (2023) redovisar 9,9 g/kg ts medan Resch et al. (2024) redovisar 10,7 g/kg ts i pressjuicen.

I tabell 11 redovisas erhållna värden för arginin i olika fraktioner och från de olika siloerna.

Tabell 11. Innehåll av arginin, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart

Skörd	Silo	Ensilage	Presskaka	Pressjuice
1	1	4,3/3,4	3,8/3,3	em/4,7
1	4	em/3,7	em/4,2	em/2,7
2	3	3,8/4,8	5,8/4,5	em/2,5
3	2	em/3,6	4,4/3,7	em/em

Keto el al. (2021) redovisar 10,7 g/kg ts, Perez Davila (2023) redovisar 4,0 g/kg ts medan Resch et al. (2024) redovisar 3,3 g/kg ts i pressjuicen.

I tabell 12 redovisas erhållna värden för aspargin och asparginsyra i olika fraktioner och från de olika siloerna.

Tabell 12. Innehåll av aspargin och asparginsyra, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart

Skörd	Silo	Ensilage	Presskaka	Pressjuice
1	1	15,1/10,0	7,7/8,3	22,7/19,7
1	4	9,1/14,2	8,9/11,7	13,7/14,9
2	3	15,0/12,7	11,8/12,5	20,2/21,6
3	2	16,6/11,2	11,8/9,8	26,1/26,4

Keto el al. (2021) redovisar 25,7 g/kg ts, Perez Davila (2023) redovisar 17,3 g/kg ts medan Resch et al. (2024) redovisar 24,3 g/kg ts i pressjuicen.

I tabell 13 redovisas erhållna värden för cystein i olika fraktioner och från de olika siloerna.

Tabell 13. Innehåll av cystein, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart

Skörd	Silo	Ensilage	Presskaka	Pressjuice
1	1	1,1/0,7	0,9/0,7	0,8/em
1	4	1,0/0,7	0,9/0,8	0,7/em
2	3	1,2/0,8	1,2/0,9	0,8/em
3	2	1,3/0,7	1,3/0,7	0,6/0,9

Keto el al. (2021) redovisar 0,4 g/kg ts medan Perez Davila (2023) och Resch et al. (2024) inte fann mätbara nivåer i pressjuicen.

I tabell 14 redovisas erhållna värden för glutamin och glutaminsyra i olika fraktioner och från de olika siloerna.

Tabell 14. Innehåll av glutamin och glutaminsyra, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart

Skörd	Silo	Ensilage	Presskaka	Pressjuice
1	1	11,5/9,5	9,2/8,4	16,1/14,5
1	4	10,1/11,1	8,4/10,4	15,1/13,3
2	3	9,5/11,6	14,4/11,6	19,1/15,1
3	2	13,7/9,4	11,6/8,7	18,5/16,2

Keto el al. (2021) redovisar 30,3 g/kg ts , Perez Davila (2023) redovisar 13,6 g/kg ts medan Resch et al. (2024) redovisar 13,4 g/kg ts i pressjuicen.

I tabell 15 redovisas erhållna värden för glycin i olika fraktioner och från de olika siloerna.

Tabell 15. Innehåll av glycin, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart

Skörd	Silo	Ensilage	Presskaka	Pressjuice
1	1	5,5/5,5	5,5/4,9	7,4/7,8
1	4	4,7/6,5	5,7/6,2	7,7/7,4
2	3	6,3/6,3	6,1/6,3	8,3/7,6
3	2	8,4/5,3	6,8/5,0	em/8,6

Keto el al. (2021) redovisar 12,2 g/kg ts, Perez Davila (2023) redovisar 5,7 g/kg ts medan Resch et al. (2024) redovisar 7,0 g/kg ts i pressjuicen.

I tabell 16 redovisas erhållna värden för histidin i olika fraktioner och från de olika siloerna.

Tabell 16. Innehåll av histidin, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart

Skörd	Silo	Ensilage	Presskaka	Pressjuice
1	1	em/2,0	em/1,8	3,0/3,1
1	4	em/1,9	em/2,2	em/2,7
2	3	em/2,2	em/2,3	3,4/2,9
3	2	em/1,8	em/1,8	3,7/em

Keto el al. (2021) redovisar 2,4 g/kg ts, Resch et al. (2024) redovisar 1,2 g/kg ts medan Perez Davila (2023) ej fann mätbara värden i pressjuicen.

I tabell 17 redovisas erhållna värden för isoleucin i olika fraktioner och från de olika siloerna.

Tabell 17. Innehåll av isoleucin, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart

Skörd	Silo	Ensilage	Presskaka	Pressjuice
1	1	4,8/4,7	3,7/3,9	8,0/7,5
1	4	4,0/5,4	3,7/4,9	6,4/6,6
2	3	4,8/5,3	5,3/5,3	7,3/7,5
3	2	6,0/4,5	4,0/4,2	em/em

Keto et al. (2021) redovisar 11,0 g/kg ts, Perez Davila (2023) redovisar 4,8 g/kg ts medan Resch et al. (2024) redovisar 7,0 g/kg ts i pressjuicen.

I tabell 18 redovisas erhållna värden för leucin i olika fraktioner och från de olika siloerna.

Tabell 18. Innehåll av leucin, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart

Skörd	Silo	Ensilage	Presskaka	Pressjuice
1	1	9,7/8,5	7,2/7,4	14,0/12,6
1	4	7,5/9,8	7,8/9,3	11,7/11,1
2	3	9,5/10,0	10,4/9,7	12,2/12,2
3	2	11,4/8,4	9,0/7,8	13,2/13,4

Keto et al. (2021) redovisar 19,0 g/kg ts, Perez Davila (2023) redovisar 8,4 g/kg ts medan Resch et al. (2024) redovisar 11,1 g/kg ts i pressjuicen.

I tabell 19 redovisas erhållna värden för lysin i olika fraktioner och från de olika siloerna.

Tabell 19. Innehåll av lysin, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart

Skörd	Silo	Ensilage	Presskaka	Pressjuice
1	1	em/6,7	em/5,1	em/10,8
1	4	em/6,6	em/6,0	em/9,9
2	3	em/6,6	6,9/6,3	em/10,6
3	2	em/6,0	em/5,2	em/10,2

Qlip kunde endast hitta mätbara mängder av lysin med sin metod i ett prov. Eurofins hittade i samtliga prov. Innehållet av lysin i pressjuicen är i denna studie högre än i tidigare studie på Sötåsen. Då var innehållet 6,9 g/kg ts (Presto Åkerfeldt, 2022) respektive 7,3 g/kg ts (Perez Davila, 2023). Det är också högre än de 7,1 g/kg ts som Resch et al. (2024) fann, men lägre än Keto et al. (2021) som fann 13,6 g/kg ts.

I tabell 20 redovisas erhållna värden för metionin i olika fraktioner och från de olika siloerna.

Tabell 20. Innehåll av metionin, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart

Skörd	Silo	Ensilage	Presskaka	Pressjuice
1	1	1,8/1,8	1,6/1,8	2,1/2,3
1	4	1,9/2,1	1,4/1,9	1,9/2,3
2	3	1,7/2,1	1,6/2,0	1,6/1,8
3	2	2,1/1,8	2,0/1,7	4,1/em

Keto et al. (2021) redovisar 4,8 g/kg ts, medan Resch et al. (2024) inte fann mätbara nivåer i pressjuicen. I tidigare studier på Sötåsen var innehållet 2,4 g/kg ts (Presto Åkerfeldt et al, 2022) respektive 2,7 g/kg ts (Perez Davila, 2023)

I tabell 21 redovisas erhållna värden för fenylalanin i olika fraktioner och från de olika siloerna.

Tabell 21. Innehåll av fenylalanin, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart

Skörd	Silo	Ensilage	Presskaka	Pressjuice
1	1	5,9/5,3	4,9/4,9	7,0/6,8
1	4	4,7/6,1	5,1/6,2	6,0/5,9
2	3	6,2/6,5	6,6/6,4	5,8/6,1
3	2	6,9/5,0	5,8/5,1	em/6,7

Keto et al. (2021) redovisar 13,6 g/kg ts, Perez Davila (2023) redovisar 4,5 g/kg ts medan Resch et al. (2024) redovisar 7,2 g/kg ts i pressjuicen.

I tabell 22 redovisas erhållna värden för prolin i olika fraktioner och från de olika siloerna.

Tabell 22. Innehåll av prolin, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart

Skörd	Silo	Ensilage	Presskaka	Pressjuice
1	1	6,6/6,0	5,1/4,9	11,5/11,5
1	4	5,5/6,7	4,9/5,6	8,9/8,1
2	3	6,7/7,0	6,9/6,6	11,1/10,3
3	2	7,1/6,6	5,4/5,5	em/5,2

Keto et al. (2021) redovisar 12,2 g/kg ts, Perez Davila (2023) redovisar 7,1 g/kg ts medan Resch et al. (2024) redovisar 9,9 g/kg ts i pressjuicen.

I tabell 23 redovisas erhållna värden för serin i olika fraktioner och från de olika siloerna.

Tabell 23. Innehåll av serin, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart

Skörd	Silo	Ensilage	Presskaka	Pressjuice
1	1	4,7/4,3	4,4/3,6	9,7/7,5
1	4	4,4/5,4	3,2/5,1	em/6,2
2	3	6,3/5,5	5,2/5,4	9,3/8,5
3	2	6,3/4,5	5,7/4,2	em/7,8

Keto et al. (2021) redovisar 10,6 g/kg ts, Perez Davila (2023) redovisar 6,3 g/kg ts medan Resch et al. (2024) redovisar 5,9 g/kg ts i pressjuicen.

I tabell 24 redovisas erhållna värden för treonin i olika fraktioner och från de olika siloerna.

Tabell 24. Innehåll av treonin, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart

Skörd	Silo	Ensilage	Presskaka	Pressjuice
1	1	6,0/4,9	4,6/5,8	8,0/7,7
1	4	4,6/5,8	4,7/5,2	7,9/7,5
2	3	5,6/5,6	5,1/5,6	7,7/8,2
3	2	7,5/4,9	4,6/4,6	em/8,7

Keto et al. (2021) redovisar 10,9 g/kg ts, Perez Davila (2023) redovisar 5,8 g/kg ts medan Resch et al. (2024) redovisar 7,2 g/kg ts i pressjuicen. I en tidigare studie på Sötåsen var innehållet 5,6 g/kg ts (Presto Åkerfeldt et al, 2022).

I tabell 25 redovisas erhållna värden för tryptofan i olika fraktioner och från de olika siloerna.

Tabell 25. Innehåll av tryptofan, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart

Skörd	Silo	Ensilage	Presskaka	Pressjuice
1	1	1,1/1,6	1,3/1,6	0,8/0,8
1	4	1,1/1,8	1,2/2,1	0,7/0,8
2	3	1,4/2,0	1,6/2,0	0,4/em
3	2	1,3/1,4	1,4/1,6	0,5/em

Keto et al. (2021), Perez Davila (2023) och Resch et al. (2024) analyserade inte tryptofan i sina studier.

I tabell 26 redovisas erhållna värden för tyrosin i olika fraktioner och från de olika siloerna.

Tabell 26. Innehåll av tyrosin, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart

Skörd	Silo	Ensilage	Presskaka	Pressjuice
1	1	3,3/3,3	2,7/2,9	em/4,1
1	4	em/3,1	3,0/3,4	em/4,2
2	3	3,9/3,9	4,2/3,8	em/3,6
3	2	em/2,9	3,3/3,0	em/2,6

Keto el al. (2021) redovisar 5,2 g/kg ts medan Resch et al. (2024) redovisar 3,8 g/kg ts i pressjuicen. Perez Davila (2023) analyserade inte tyrosin.

I tabell 27 redovisas erhållna värden för valin i olika fraktioner och från de olika siloerna.

Tabell 27. Innehåll av valin, g per kg ts (resultat från Qlip/resultat från Eurofins) em= ej mätbart

Skörd	Silo	Ensilage	Presskaka	Pressjuice
1	1	6,7/6,2	4,7/5,2	10,9/10,2
1	4	6,5/7,1	4,9/6,2	9,1/9,2
2	3	8,4/7,0	7,1/6,9	10,2/10,6
3	2	5,5/6,2	5,3/5,5	em/10,7

Keto el al. (2021) redovisar 19,7 g/kg ts, Perez Davila (2023) redovisar 6,6 g/kg ts medan Resch et al. (2024) redovisar 8,8 g/kg ts i pressjuicen.

Variationen i utbytet av aminosyror är stor i denna studie och jämfört med andra studier. Det har flera anledningar. Analysmetod, botanisk sammansättning, utvecklingsstadiet, hur pressningen lyckades och hur väl ensileringen lyckades, är faktorer som spelar roll för hur högt utbytet ska bli.

Resultaten skiljer mellan de båda laboratorierna. De är uppenbart svårt att analysera aminosyror och det gäller särskilt pressjuicen. Qlip som analyserade våt vara verkade ha svårt få mätbara värden vid låga TS-halter. Detta trots att laboratoriet är specialiserat på att analysera mjölk, som har låg torrsubstanshalt. Eurofins hade problem med att analysera pressjuicen. Vid frystorkning blev den som ett klister som satt fast och kunde inte överföras för analys. När man analyserade våt vara var koncentrationerna i ett antal fall så låga att ej var mätbara.

Den botaniska sammansättningen har troligen haft betydelse. Det är allmänt känt att klöver innehåller mer protein än gräs. Men det tycks också finnas en variation i aminosyrasammansättning mellan gräsarter. Danielsson et al. (2025) fann att innehållet av lysin och metionin var lägre i engelskt rajgräs jämfört med timotej, ängssvingel, hundäxing och rörsvingel. Utvecklingsstadiet har betydelse för råproteinhalten. Men det är inte säkert att andelen av olika aminosyror påverkas.

Mängden lysin och metionin per gram råprotein påverkades inte av utvecklingsstadiet i en studie på olika gräsarter (Danielsson et al., 2025).

Avgörande för hur mycket av proteinet som hamnar i vätskefasen är hur väl pressningen lyckas och den mest avgörande faktorn för det är torrsubstanshalten på det som pressas (Franco et al. (2019). Halterna av de olika aminosyror är generellt högre i den undersökning som Keto et al. (2021) redovisar. Det kan bero på att de ensilage som pressades i den studien hade en TS-halt på låga 21 %.

En faktor som tillkommer när ensilage pressas jämfört med när grönmassa pressas är hur väl ensileringen lyckats. En faktor är hur mycket av aminosyrorna som omvandlas till enklare kväveföreningar. En annan är vad som händer med aminosyrorna. Enligt Rinne (2024) förändras aminosyraprofilen om ensileringsprocessen inte lyckas. I den opublicerade studie som refereras ökade bland annat halterna av alanin, leucin och valin, med halterna av andra aminosyror minskade där ibland den värdefulla aminosyran lysin. I det försöket var förutsättningarna för en lyckad ensilering små eftersom TS-halten var mycket låg (11,8%). När myrsyra användes som tillsatsmedel var aminosyraprofilen snarlik den som var i det skördade gräset. I Perez Davilas (2023) studie var andel lysin pressjuicen från ensilage betydligt lägre än pressjuicen från grönmassa trots att tillsatsmedel användes. Den var 10,4 g/kg ts i pressjuice från grön massa och 7,3 g/kg ts i pressjuice från ensilage. I den studie som Resch et al. (2024) redogör för användes inget tillsatsmedel men ensileringen tycks lyckats bra ändå.

3.5 Proteinkvalitet

Proteinkvalitet kan uttryckas på olika sätt. Ett vanligt sätt att uttrycka det är som gram av respektive aminosyror per gram råprotein eftersom som det anses relativt stabilt. I tabell 28 redovisas proteinkvaliteten i pressjuice för de fyra olika siloerna och tre jämförande studier.

Proteinkvaliteten i pressjuice är inte särskilt stabil och det kan ha ett flertal orsaker. Det rör sig som om flera olika arter vallgrödor i olika proportioner, som har skördats i olika utvecklingsstadier och ensileringsprocessen kan ha lyckats olika bra. Det är viktigt att analysera innehållet av aminosyror för att erbjuda djuren en balanserad foderstat. Analyskostnaden för det måste också tas i beaktning.

Tabell 28. Aminosyrainnehåll pressjuicen från de olika siloerna analyserat av Eurofins och i två jämförbara studier uttryckt som % av råprotein (em = ej mätbart ea = ej analyserat)

	Silo 1	Silo 2	Silo 3	Silo 4	Keto et al. (2021)	Perez Davila (2023)	Resch et al. (2024)
Alanin	7,0	7,8	7,1	10,3	7,7	6,4	5,2
Arginin	2,6	em	1,3	1,7	3,8	2,6	1,6
Aspargin	10,8	12,8	11,6	9,4	9,2	11,2	11,9
Cystein	em	0,4	em	em	0,1	em	em
Glutamin	7,9	7,9	8,1	8,4	10,9	8,8	6,6
Glycin	4,3	4,2	4,1	4,6	4,4	3,7	3,4
Histidin	1,7	em	1,5	1,7	0,9	em	0,6
Isoleucin	4,1	em	4,0	4,1	3,9	3,1	3,4
Leucin	6,9	6,5	6,6	7,0	6,8	5,5	5,4
Lysin	5,9	4,9	5,7	6,2	4,9	3,7	3,5
Metionin	1,3	em	1,0	1,4	1,7	1,7	em
Fenylalanin	3,7	3,2	3,3	3,7	3,7	2,9	3,5
Prolin	6,3	2,5	5,6	6,1	4,4	4,6	4,8
Serin	4,1	3,8	4,6	3,9	3,8	4,1	2,9
Treonin	4,2	4,2	4,4	4,7	3,9	3,7	3,5
Tryptofan	0,5	em	em	0,5	ea	ea	ea
Tyrosin	2,2	1,3	1,9	2,6	1,9	ea	1,9
Valin	5,6	5,2	5,7	5,8	7,1	4,3	4,3
Summa	79,0	64,8	76,6	81,2	77,1	65,8	63,9

Summan av mängden aminosyror är i samtliga fall något underskattat då några aminosyror ej nådde upp i mätbara värden eller inte analyserades. I ensilagens analyserade råprotein ingår även en del enklare kväveföreningar.

3.6 Utbyte av aminosyror

I tabell 29 redovisas hur stor andel av respektive aminosyra som återfanns i pressjuicen.

Tabell 29. Andel, % av aminosyrorna som återfanns i pressjuicen, analyser från Eurofins (ea = ej analyserbart)

	Silo 1	Silo 2	Silo 3	Silo 4
Alanin	30	48	13	45
Arginin	24	ea	4	18
Aspargin	35	51	13	25
Cystein	ea	26	ea	ea
Glutamin	27	37	10	29
Glycin	25	35	9	27
Histidin	27	ea	10	33
Isoleucin	28	ea	11	30
Leucin	26	35	9	27
Lysin	28	37	12	36
Metionin	22	ea	7	25
Fenylalanin	22	29	7	23
Prolin	33	17	11	29
Serin	31	37	12	27
Treonin	28	38	11	31
Tryptofan	9	ea	ea	11
Tyrosin	22	19	7	32
Valin	29	38	12	31

Hur stor andel av aminosyrorna som återfinns i juicen överensstämmer bra med hur stor del av råproteinet som återfanns i pressjuicen. Det finns dock tendenser till att en större andel av alanin och aspargin hamnade i juicen, men en lägre andel av tryptofan.

I tabell 30 redovisas hur många g av de värdefullaste aminosyrorna som återfanns i pressjuicen per ton ts ensilage som pressades. Lysin är den mest begränsande aminosyran för grisar. De svavelhaltiga aminosyrorna metionin + cystein är de mest begränsande aminosyrorna vid utfodring av fjäderfä. Metionin kan omvandlas till cystein, men det omvända är inte möjligt.

Tabell 30 Innehåll av respektive aminosyra g i pressjuicen per ton bioraffinerat ensilage

	Silo 1	Silo 2	Silo 3	Silo 4
Lysin	1898	2196	814	2389
Metionin	441	-	138	541
Cystein	-	190	-	-

Utbytet av metionin var lågt. I silo 2 var metionin ej mätbart. Det var cystein i den silon men inte i de övriga tre. Sammantaget är innehållet av de fjäderfä mest betydelsefulla aminosyrorna lågt i pressjuice från ensilage. Innehållet av lysin är betydligt högre. Knappt mätbara innehåll av cystein och metionin har även Perez – Davila (2023) och Resch et al. (2024).

3.7 Jämförelse med andra fodermedel

Inom konventionell produktion ingår syntetiskt framställda aminosyror i foder till grisar och fjäderfä. Lysin framställs med hjälp av mikroorganismer medan metionin framställs genom en kemisk process. Genom att optimera foderstaterna efter behovet av enskilda aminosyror kan råproteinhalten i fodret hållas låg, och därmed minimera kväveförlusterna till miljön. Inom ekologisk produktion är det inte tillåtet att använda syntetiskt framställda aminosyror.

I tabell 31 redovisas hur många kg av olika foder som behövs för att erhålla 1 kg av aminosyrorna lysin respektive metionin. För pressjuicens del är det uttryckt som hur många kg ts ensilage som behöver pressas. Siffran är ett medelvärde från de siloer som ingick i studien.

Tabell 31. Mängd av olika fodermedel som behövs för att erhålla 1 kg av respektive aminosyra.

	Sojamjöl, kg	Rapsmjöl, kg	Fiskmjöl, kg	Pressjuice, kg ts ensilage att bioraffinera
Lysin	36	55	19	657
Metionin	156	144	50	3161

Givet värdena för lysin i tabell 31 behöver 18 kg ts ensilage pressas för att pressjuicen ska innehålla lika mycket lysin som 1 kg soja. Om det är rapsmjöl som ska ersättas behöver 22 kg ts ensilage pressas. Detta resonemang är relevant för grisar där lysin är den mest begränsande aminosyran och där utfodring av pressjuice är praktiskt möjligt i en blötfoderanläggning.

För fjäderfä är en jämförelse med fiskmjöl mest intressant. För att ersätta 1 kg fiskmjöl behövs pressjuice från 63 kg ts ensilage. Det är dock knappast praktisk genomförbart att utfodra fjäderfä med pressjuice utan pressjuicen behöver förädlas vidare till proteinpulver. Det innebär ytterligare förluster. Santamaria-Fernandez et

al. (2020) har beräknat att i storleksordnings 15 % av råproteinet i råvaran hamnar i proteinkoncentratet. Dessa beräkningar är gjord på färskt gräs. Om dessa beräkningar skulle göras på ensilage skulle utbytet sannolikt bli lägre beroende på de förluster som sker vid ensileringen. I beaktande ska också tas att andelen aminosyror också skulle bli lägre.

Vi utfodring är det viktigt att ta hänsyn till hela aminosyra profilen. Att stoppa in mycket av ett visst fodermedel i foderstaten för att uppnå tillräckliga mängder av en begränsande aminosyra kan innebära att det blir ett stort överskott av andra aminosyror. Det leder till kväveförluster till miljön.

I den här studien har vi bioraffinerat och analyserat det bästa ensilaget i siloerna. Vi har undvikit de som legat närmast kanterna och det som legat överst. Vid en kommersiell drift på en anläggning utan idisslare skulle allt ensilaget i silon behöva bioraffineras och då skulle utbytet bli lägre.

I pressjuicen finns även annat än protein. En stor del av askan (17 – 50 % i denna studie) hamnar i pressjuice. I denna studie har vi inte analyserat vilka mineraler som hamnat i vilka fraktioner. Presto Åkerfeldt et al. (2022) fann i pressjuice från samma gård att kaliumhalten var 36,6 g/kg ts i pressjuicen och Resch et al. (2024) uppmätte 53,2 g/kg ts och Keto et al. (2021) fann 27,3 g/kg ts. Resch et al. (2024) fann en kalciumhalt på 16,6 g/kg ts medan det hos Presto Åkerfeldt et al. var 7,3 g/kg ts. När pressjuice utfodras måste hänsyn tas till innehållet och sammansättningen av mineraler i juicen för att få en balanserad foderstat avseende mineraler.

Ensilage innehåller mjölksyra, ättiksyra, propionsyra, smörsyra och etanol. Det mesta av dess ämnen hamnar i pressjuicen (Resch et al., 2024). Det spekuleras i om syrorna skulle bidra till en lägre nivå av oönskade bakterier i grisarnas tarmar. Keto et al. (2021) fann inga skillnader i sitt försök.

Resch et al. (2024) har analyserat innehållet av biogena aminer i ensilage, pressjuice och presskaka. Exempel på biogenaminer är histamin och kadaverin. Biogena aminer är viktiga för många biologiska funktioner, men kan också orsaka reaktioner om de finns i höga halter. Till exempel frisätts histamin vid allergiska reaktioner. Biogena aminer bildas av aminosyror genom en process dekarboxylering som sker när proteinet bryts ner som det gör i ensilage. Till exempel bildas histamin genom dekarboxylering av histidin och det illaluktande kadaverin av lysin som dekarboxyleras. Resch et al. (2024) fann att det mesta av de biogena aminerna återfanns i pressjuicen. Dessa ämnen kan också vara en begränsning när pressjuice används som foder.

3.8 Slutsatser

Utbytet vid bioraffinering blir lägre när ensilage används jämfört med grönmassa då en del av proteinet omvandlas till enklare kväveföreningar under ensileringsprocessen. Det ska ställas i relation till att anläggningen kan köras året

om. För att producera 1 kg lysin behövdes i denna studie pressjuice från 657 kg ts ensilage. För att producera 1 kg metionin behövdes pressjuice från 3161 kg ts ensilage.

Utbytet varierar mycket. Ensilagets ts-halt är en avgörande faktor för hur stort utbytet ska bli. En låg torrsubstanshalt ger ett högre utbyte vid bioraffineringen men är svårare att ensilera med bra resultat. Tillsatsmedel säkrar en bra ensilering och minskar mängden protein som omvandlas till enklare kväveföreningar.

Aminosyrainnehållet i pressjuicen varierar mycket och är svårt att analysera beroende på låga koncentrationer. I denna studie såg vi att resultaten varierade mellan olika laboratorier. I praktisk drift behövs analyser för att beräkna foderstater där behovet av aminosyror tillgodoses utan att det blir en överutfodring av protein.

Aminosyraanalyserna indikerar att pressjuice eller pressjuice i förädlad form inte är särskilt lämpligt för fjäderfä beroende på de låga innehållerna av cystein och metionin. För grisar är aminosyraprofilen bättre, men betydande mängder ensilage behövs om det ska ersätta sojamjöl eller syntetiskt framställt lysin. Pressjuice innehåller också andra ämnen, till exempel mineraler och biogena aminer som kan begränsa pressjuicens användbarhet i foderstater.

Referenser

- Danielsson, D.-A., Larsson, A., Takahashi Schmidt, J., Nadeau E. (2025). Art- och sortskillnader i fodervärde hos gräs. Rapporter från institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd. Nr 7. SLU, Uppsala
- Franco, M., Hurme, T., Winkvist, E., Rinne, M. (2019). Grass silage for biorefinery – A meta-analysis of silage factors affecting liquid-solid separation. *Grass and Forage Science*, 74, 218-230 doi:10.1111/gfs.12421
- Keto, L., Tsitko, I. Perttilä, S. Särkijärvi, S. Immonen, N. Kytölä, K. Alakomi, H.-L. Hyytiäinen-Pabst, T. Saarela, M. Rinne, M. (2021). Effect of silage juice feeding on pig production performance, meat quality and gut microbiome. *Livestock Science*. 254:104728. doi:10.1016/j.livsci.2021.104728
- Perez Davila, J. W. (2023). Protein digestibility of biorefined juice from fresh and ensiled ley crops in growing pigs. Independent project. Department of Animal Nutrition and Management. SLU. Uppsala
- Presto Åkerfeldt, M., Friman, J., Dahlström, F., Larsen, A., & Wallenbeck, A. (2022). Juice from silage in green bio refineries – a potential feed ingredient in liquid diets to weaned pigs. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, 71(1–4), 51–57. <https://doi.org/10.1080/09064702.2022.2118828>
- Resch, R., Terler, G., Winter, M., Mandl, M., Baldinger, L., Sweeney, J., McDonnell, K., Steinwider, A. (2024). Nutrient composition, fermentation characteristics and mass balance of press juice and press cake obtained from biorefining of grass-clover and red clover silage. *Grass and Forage Science*, 79, 449-463 doi:10.1111/gfs.12682
- Rinne, M. (2024). Novel use of ensiled biomasses as feedstocks for green biorefineries. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 15:36. doi:10.1186/s40104-024-00992-y
- Rooke, J.A., Hatfield, R.D., (2003). Biochemistry of Ensiling, in: Buxton, D.R., Muck, R.E., Harrison, J.H. (Eds.), *Silage Science and Technology*, Agronomy. American Society of Agronomy, Inc. : Crop Science Society of America, Inc. : Soil Science Society of America, Inc, Madison, pp. 95–139.
- Santamaria-Fernandez, M. Karkov Ytting, N. Lübeck, M. Ullendahl, H. (2020). Potential Nutrient Recovery in a Green Biorefinery for Production of Feed, Fuel and Fertilizer for Organic Farming. *Waste and Biomass Valorization*. 11:5901-5911. doi:10.1007/s12649-019-00842-3
- Spörndly, R(ed). 2003. Fodertabeller för idisslare. Rapport 257, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, SLU, Uppsala.

Zadoks, J.C., Chang, T.T. & Konzak, C.F. (1974). A decimal code for growth stages of cereals. *Weed Research* 14:415-421.

Tack

Tack till all personal på Sötåsen som hjälpt till i stort och smått och övriga personer på Naturbruksförvaltningen i Västra Götalandsregionen som varit delaktiga i denna studie.

Tack också till Interreg Öresund-Kattegat-Skagerrak Kattegatt som finansierat studien tillsammans med SLU och Västra Götalandsregionen.