



Faktorer som påverkar protein- nedbrytning och kväveeffektivitet hos mjölkkor

Factors affecting protein degradation and nitrogen utilization in dairy cows

Kajsa Ståhlberg

Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Agronom - husdjur
Uppsala 2020



Faktorer som påverkar proteinnedbrytning och kväveeffektivitet hos mjölkkor

Factors affecting protein degradation and nitrogen utilization in dairy cows

Kajsa Ståhlberg

Handledare: Rebecca Danielsson, SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Examinator: Mikaela Lindberg, SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i husdjursvetenskap, G2E

Kurskod: EX0865

Program/utbildning: Agronom - husdjur

Kursansvarig inst.: Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2020

Omslagsbild: Kajsa Ståhlberg

Nyckelord: protein, kväve, nedbrytning, utnyttjande, mikroorganismer, våmmen, urea, mjölkko

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Mer information om publicering och arkivering går att hitta här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Sammanfattning

Svenska mjölkkor utfodras idag med en stor andel protein för att upprätthålla en hög mjölkproduktion. Protein är ett viktigt näringsämne som bland annat stimulerar syntes av mjölk. För att säkerställa en hög mjölkavkastning finns det en risk att mjölkkon överutfodras med protein som inte kan utnyttjas. Det överskott av protein som inte kan brytas ner och absorberas av kon orsakar stora ekonomiska och miljömässiga konsekvenser. Det finns därmed en tydlig anledning att förbättra kväveeffektiviteten hos kor.

Den största delen av fodret bryts ner i våmmen och bildar mikrobiellt protein av våmmens mikroorganismer. Mikroproteinet innehåller alla essentiella aminosyror som kon behöver. Det våmstabila proteinet passerar våmmen opåverkat och absorberas i tunntarmen. Andelen utnyttjat kväve ökar vid en sänkning av råproteinhalten i foderstaten. För att förbättra kväveutnyttjandet kan även andelen våmlösligt protein minskas. Smältbarheten på protein kan minskas genom att reducera andelen lösligt protein, genom exempelvis förtorkning av grovfoder innan ensilering. Värmebehandling, ökad passagehastighet och användning av grödor som innehåller tanniner kan också minska fodrets smältbarhet. Genom stort fokus på gårdens egen odling av ett högkvalitativt grovfoder kan behovet av proteinkraftfoder minska. Nedbrytningen av protein sker främst av bakterier men även av protozoer i våmmen. Bakterier verkar vara mer effektiva på att bryta ner protein och utnyttja kväve än protozoer. Kväveeffektiviteten kan indikeras med hjälp av ureahalten i mjölk. Pågående forskning sker för att kunna skatta individuellt foderintag, exempelvis med MIR-analys, vilket gör att kväveeffektiviteten skulle kunna skattas på ett säkrare sätt.

Nyckelord: protein, kväve, nedbrytning, utnyttjande, mikroorganismer, våmmen, urea, mjölkko

Abstract

Swedish dairy cows are fed high levels of protein to maintain a high milk production. Protein is an essential nutrient that stimulates synthesis of milk. Therefore, there is a risk that dairy cows are overfed with protein that cannot be utilized. The excess of protein will cause economic and environmental losses. Consequently, there is a potential of improving the nitrogen efficiency.

The major part of protein in feed are degraded and forms microbial protein by the microorganisms in the rumen. All the essential amino acids that the cow requires are found in the microbial protein. There is also protein that passes through the rumen without being degraded, called bypass protein. The efficiency of nitrogen utilization can be improved by lowering crude protein in the cows feed ration. The digestibility of protein in the rumen can also decrease to improve nitrogen efficiency. This can be done by reducing the rumen soluble protein by drying the feed. An increased passage rate through the rumen, heat treatment or using feeds that contains tannins will also decrease protein digestibility in the rumen. By focusing on the farm's own production of high-quality roughage, the need for extra protein feed is reduced. The degradation of protein occurs mainly by bacteria but also by protozoa in the rumen. Rumen bacteria seems to be more effective than protozoa degrading protein and utilize nitrogen. Nitrogen efficiency can be indicated by urea in milk. Current research to estimate individual cows feed intake with MIR analysis will enhance reliability of the nitrogen efficiency estimation, consequently improving nitrogen utilization in dairy cows.

Keywords: protein, nitrogen, degradation, utilization, microorganisms, rumen, urea, dairy cow

Innehållsförteckning

1. Introduktion.....	7
2. Litteraturgenomgång	8
2.1. Protein	8
2.1.1. Proteinnedbrytning i våmmen.....	8
2.1.2. Ureasyntes.....	9
2.2. Ureahalt i mjölk som mått på kväveeffektivitet.....	9
2.3. Foderstatens påverkan på kväveeffektivitet.....	10
2.3.1. Råproteinhalt i foderstaten	10
2.3.2. Lösligt protein	12
2.3.3. Passagehastighet	12
2.3.4. Kondenserade tanniner	13
2.3.5. Värmebehandling av fodermedel	13
2.4. Mikrofloras påverkan på kväveeffektivitet	14
3. Diskussion och slutsats	15
3.1.1. Slutsats	17
Referenser	18

1. Introduktion

Svenska mjölkkor utfodras idag med en stor andel protein för att upprätthålla en hög mjölkproduktion (Colmenero & Broderick 2006; Roy *et al.* 2011). En hög produktion är viktigt för en god lönsamhet i verksamheten. Protein är ett viktigt näringsämne som bland annat stimulerar syntes av mjölk (Roy *et al.* 2011). För att säkerställa en hög mjölkavkastning finns det en risk att mjölkkon överutfodras med protein som inte kan utnyttjas. Det överskott av protein som inte kan brytas ner och absorberas av kon orsakar stora ekonomiska och miljömässiga konsekvenser. Protein är en dyr foderråvara som förväntas betala sig i form av ökad mjölkavkastning. Om proteinet inte kan utnyttjas av mjölkkon kommer inte produktionen av mjölk att öka, vilket försämrar företagets lönsamhet. Outnyttjat kväve i urin och gödsel orsakar även övergödning i den omgivande miljön (Roy *et al.* 2011). Överflödigt kväve kan avgå via ammoniak till kvävgas, men även som nitratläckage till grundvatten och ytvatten (Jonker *et al.* 1998). Dessutom riskerar både ett överflöd och en brist på protein nedsatt fertilitet (Jordan & Swanson 1979; Roy *et al.* 2011). Det finns många anledningar till varför det är viktigt att mjölkkon kan bryta ner proteinet i fodret och använda kvävet för sitt behov. Genom att optimera proteinnedbrytningen kan kväveförlusterna minimeras (Schepers & Meijer 1998). För att undersöka kväveeffektiviteten i våmmen kan ureahalten i mjölk användas som indikator (Jonker *et al.* 1998; Schepers & Meijer 1998).

Syftet med denna litteraturstudie är att undersöka hur ett maximalt kväveutnyttjande hos mjölkkor kan uppnås för att reducera miljöpåverkan och öka lönsamheten. Frågeställningarna som ska besvaras är hur kväveeffektivitet kan mätas samt hur ett maximalt och optimalt utnyttjande av kväve kan uppnås. Kan kväveeffektiviteten påverkas med mjölkkons foderstat? Finns det skillnader i kväveeffektivitet mellan olika mikroorganismer i våmmen och i så fall; hur kan en effektiv mikroflora gynnas? Hypotesen är att kväveeffektiviteten kan påverkas via foderstaten och att det finns skillnader i kväveeffektivitet mellan olika mikrosammansättningar i våmmen.

2. Litteraturgenomgång

2.1. Protein

Protein är ett livsnödvändigt näringsämne som används i många av kroppens funktioner, så som mjölkbildning och reproduktion (Sjaastad *et al.* 2016). Protein består av aminosyror som sammankopplas med hjälp av peptidbindningar (Ferrier 2017). Det finns totalt 20 olika aminosyror som byggs ihop i olika kombinationer för att bilda proteiner (Sjaastad *et al.* 2016). En peptid är en kortare kedja av aminosyror, till exempel består en dipeptid av två stycken aminosyror (Ferrier 2017).

2.1.1. Proteinnedbrytning i våmmen

En stor del av foderproteinet bryts ner av mikrobers enzymer och tas sedan upp av mikrober för att bilda mikrobiellt protein (Sjaastad *et al.* 2016). Mikrobiellt protein har en hög smältbarhet i tunntarmen och innehåller alla aminosyror som kon behöver (Lu *et al.* 2019). När foderproteinet kommer till våmmen sker en proteolys av mikroberna. Det innebär att proteinets peptidbindningar bryts med hjälp av mikrobers enzymer så att mindre peptider och fria aminosyror bildas (Sjaastad *et al.* 2016). Peptiderna och aminosyrorna genomgår sedan en deamination. Det innebär att peptider och aminosyror bryts ner till flyktiga fettsyror (VFA) och ammoniak. Ammoniak är en icke-proteinkälla (NPN) som våmmens mikroorganismer använder för att bilda mikrobprotein. Idisslare kan bilda eget protein av aminosyror som absorberas i tunntarmen liksom andra djur men är unika på så vis att enkla kvävekällor som ammoniak kan utnyttjas för proteinsyntes. En ammoniumhalt på minst 5 mmol/L krävs för en optimal tillväxt av mikrober. För att bilda mikrobprotein krävs utöver en kvävekälla även VFA (Sjaastad *et al.* 2016) och adenosintrifosfat (ATP) som energikälla (Lu *et al.* 2019). Om energi- och proteinförsörjningen inte är synkroniserad, det vill säga om det finns för mycket protein eller för lite energi, så kommer utnyttjandet av protein försämrats (Park & Stronge 2005). Det krävs även en god tillgång på energi för tarmens egen försörjning. Vid otillräcklig energitillförsel använder tarmen istället aminosyror som annars skulle använts för kons näringsbehov (Eriksson 2010). Proteinbalans i

våmmen (PBV) är ett mått på förhållandet mellan lättlöslig energi och protein som kan brytas ner i våmmen (Granström 2014). Ett högt PBV-värde indikerar att det finns en för hög andel lösligt protein i förhållande till energi och antyder att det finns ett överskott på kväve i våmmen (Granström 2014).

Aminosyror absorberade i tunntarmen (AAT) består dels av mikrobiellt protein men även av våmstabil protein (Sjaastad *et al.* 2016). Våmstabil protein är foderprotein som absorberas i tunntarmen utan att fermenteras av mikroorganismer och därmed passerar våmmen opåverkat (Tandon & Siddique 2008). Eftersom mikroorganismer även kan nedgradera högkvalitativt protein är det en fördel om protein med hög kvalitet passerar våmmen opåverkat (Schwab & Broderick 2017). Protein av hög kvalitet har en god aminosyrasammansättning, det vill säga innehåller aminosyror som är begränsande för kon. Våmstabil protein är en viktig fraktion för höglakterande kor eftersom deras höga aminosyrabehov inte helt och hållet kan täckas av mikrobprotein (Tandon & Siddique 2008), då våmmens mikroflora kapacitet är begränsad (Sjaastad *et al.* 2016). Låglakterande mjölkkor kan producera på enbart mikrobprotein (Sjaastad *et al.* 2016).

Mikrobproteinet, det våmstabila proteinet och endogena förluster, så som enzymer och avdöda epitelceller går igenom blad- och löpmagen och absorberas sedan i tunntarmen. Mängden AAT beror även på tunntarmens förmåga att smälta och ta upp aminosyror. I genomsnitt absorberas 85% av aminosyrorerna som når tunntarmen (Sjaastad *et al.* 2016).

2.1.2. Ureasyntes

Vid överskott av nedbrytbart protein i våmmen ökar ammoniakhalten (Sjaastad *et al.* 2016). Ammoniak diffunderar genom våmväggen och ut i blodet och eftersom ammoniak är toxiskt så omvandlas den till urea ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) i levern (Jonker *et al.* 1998). Urean hamnar i blodomloppet via leverkapillärer och töms sedan i levervenen och transporteras till njurarna (Jonker *et al.* 1998). Via njurarna filtreras ett överskott av urea ut med urinen (Roy *et al.* 2011). All urea utsöndras inte utan en del recirkuleras i blodet. Vid behov kan urea återvända till våmmen genom saliven eller diffusion genom våmväggen och på så sätt återbilda ammoniak i våmmen. (Sjaastad *et al.* 2016). Eftersom urea är en liten molekyl så diffunderar den enkelt genom cellmembran (Jonker *et al.* 1998). Därför är ureahalten i blod densamma som ureahalten i mjölk.

2.2. Ureahalt i mjölk som mått på kväveeffektivitet

Mjölakens ureahalt kan användas som indikator för att kontrollera kväveeffektivitet hos mjölkkor (Jonker *et al.* 1998; Schepers & Meijer 1998). Korrelationen mellan

nedbrytning av intaget protein i våmmen och ureakoncentrationen i mjölk är stor. Enligt Schepers & Meijer (1998) är korrelationen 0,8 och motsvarande siffra är enligt Roy *et al.* (2011) mellan 0,88 - 0,98. Ureahalten i mjölk ökar linjärt med råproteinhalten i fodret (Colmenero & Broderick 2006).

Ureahalten i mjölk kan dels mätas på enskilda kor men även i mjölk tanken. Via Kokontrollen tas mjölkprover månadsvis som skickas till Eurofins för analys (Eurofins 2019). Ureahalten i mjölken mäts med Fourier Transform infraröd (FTIR) teknik (Eurofins 2019). FTIR-teknik är en metod som använder infraröd spektrografi för att genomlysa ett prov och mäta hur mycket strålning som absorberas vid en viss våglängd (Baker *et al.* 2014). På så sätt kan ureahalten detekteras. Mjölakens ureavärde kan även undersökas med kemiska metoder, men det är både kostsamt och tidskrävande (Grelet *et al.* 2020).

Enligt Svensk Mjök (2003) är en ureahalt i mjök på ett tankprov mellan 3-5 mmol/l ett normalt värde. Ett lågt värde indikerar ett underskott av protein i fodret (Roy *et al.* 2011), och betyder att extra protein bör adderas för att utnyttja kons fulla potential (Svensk Mjök 2003). Om värdet är 2 eller lägre finns det en risk för sänkt mjölkavkastning, nedsatt foderutnyttjande och försämrad fertilitet. Ett värde på 6 mmol/l eller högre indikerar att kväveeffektiviteten är låg och riskerar även här nedsatt fertilitet. En för hög ureahalt indikerar att foderstaten behöver ses över för att sänka AAT- och PBV-värdet. Antal dagar efter kalvning är en faktor som har betydelse för ureahalten i individuella mjölkprover. I början av laktationen anses ett högre värde, på 4 - 6 mmol/l, vara acceptabelt. Senare i laktationen, efter dag 110, bör kon ha ett något lägre värde, mellan 3 - 6 mmol/l. Under tiden då seminerings sker, mellan dag 51-110 efter kalvning bör ureavärdet vara mellan 4 - 5 mmol/l, då ett både lägre och högre värde kan påverka fertiliteten negativt (Svensk Mjök 2003).

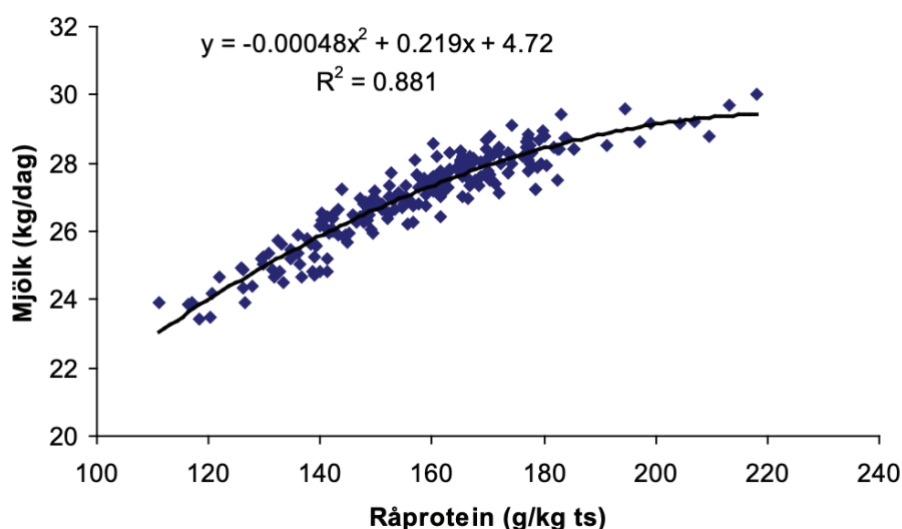
2.3. Foderstatens påverkan på kväveeffektivitet

Det är viktigt med ett optimalt kväveutnyttjande för att hålla en så kostnadseffektiv och miljövänlig produktion som möjligt. Ett bra kväveutnyttjande är starkt kopplat till foderstaten och fodermedlens egenskaper.

2.3.1. Råproteinhalt i foderstaten

I en sammanställning av Huhtanen (2013) jämfördes kväveeffektiviteten från 91 internationella vetenskapliga studier genom att undersöka förhållandet mellan råproteinhalten i fodret och mjölkavkastningen (Figur 1). Resultaten visar att mjölkavkastningen ökar med ökad råproteinhalt i fodret. Däremot avtar kurvan ju

högre råproteinhalt foderstaten innehåller. En ökning från 13 till 14% resulterade i en ökad mjölkavkastning med 0,88 kg per ko och dag. Om råproteinhalten höjdes från 18 till 19% ökade mjölkavkastningen med 0,4 kg per ko och dag, vilket tyder på att kväveeffektiviteten har försämrats. Detta stämmer överens med andra studier. Colmenero & Broderick (2006) visade i en studie att det var mest optimalt med 16,5% råprotein i foderstaten till mjölkkor, för att maximera kväveeffektiviteten och minimera kväve som utsöndrades i urinen (Colmenero & Broderick 2006). Även Castillo *et al.* (2000) visade att genom att sänka råproteinhalten i fodret från 20% till 15% så förbättrades kväveeffektiviteten och kväveutsöndringen i urinen reducerades med 66% och i träcken med 21%.



Figur 1. Inverkan av foderstatens råproteinhalt på mjölkavkastningen (Huhtanen 2013).

Greppa Näringen (2019) rekommenderar 17% råproteinhalt i foderstaten till kor i höglaktation. Motsvarande siffra för mittlaktation är 15% och i slutet av laktationen 12 - 14%. Under mjölkkons sinitidsperiod rekommenderas en råproteinhalt på 12 - 13% (Greppa Näringen 2019). I Sverige används idag NorFor som fodervärderingssystem. NorFor definierar råproteinhalten enligt Kjeldahl som kväveinnehållet i fodret x 6,25, eftersom protein innehåller i genomsnitt 16% kväve. NorFor har inga rekommendationer för råproteinhalten i fodret, men har dock egna ekvationer och rekommendationer för AAT- och PBV-värden. Foderstaten bör innehålla minst 15 gram tillgänglig AAT/MJ NE och PBV-värdet bör ligga mellan 10 och 40 g/kg torrsbstans (Nielsen & Volden 2011).

2.3.2. Lösligt protein

Smältbarheten av ett protein har stor betydelse för ett effektivt kväveutnyttjande (Tamminga 1979). Lösligt protein i foder kan brytas ner i våmmen. I en blandvall är cirka 40-60% av det totala proteinet lösligt (Granström 2014). Det är önskvärt att minska andelen lösligt protein i våmmen och på så sätt öka mängden våmstabil protein. Det finns proteaser i växter som bryter ner protein till lösliga beståndsdelar så som aminosyror och ammoniak. Dessa proteaser behöver väta för att verka aktivt (Pettersson 2006). Genom att förtorka ensilaget i ett gynnsamt väder kan därmed fraktionen av lösligt protein minska och proteinkvaliteten öka (Granström 2014). Vid en torrsubstanshalt på 30% är ca 60% av det totala råprotein lösligt, men genom förtorkning till 50% torrsubstans minskas den lösliga råproteinhalten till ca 40% eller ännu lägre (Granström 2014). Det sker även en viss proteolys genom fermentationen i ensilageprocessen (NRC 2001). Ensilage innehåller därför mer lösligt protein i form av icke-protein-kväve än färskt gräs eller hö (NRC 2001). Baljväxter så som klöver, ärtor och åkerböna är kvävefixerande, vilket innebär att de binder kväve från luften. På grund av deras högre kväveinnehåll har baljväxter visat sig ge upphov till en högre ammoniakhalt i våmmen (Dewhurst *et al.* 2003). Madsen & Hvelplund (1985) visade att baljväxter överlag hade en högre *in vivo* smältbarhet än gräs. Dock hade klöverensilage likvärdig smältbarhet som gräsensilage i studien.

2.3.3. Passagehastighet

En hög smältbarhet av proteinet bidrar till en snabbare passagehastighet genom våmmen (Tamminga 1979). Passagehastigheten beror även på foderintaget. Ju mer foder som kon äter desto snabbare blir passagehastigheten (Huhtanen *et al.* 2006). En ökad passagehastighet resulterar i en större andel våmstabil protein. Således ökar tunntarmens upptag av högkvalitativt protein (Dufreneix *et al.* 2019). Om passagehastigheten ökar så ökar även utflödet av mikrober från våmmen (Hackmann & Firkins 2015). Detta kan vara positivt upp till en viss gräns. Mikroorganismerna spenderar en kortare tid i våmmen vilket leder till att det sker en selektion för arter med en snabb förökningshastighet. Mikroorganismerna spenderar då även mindre energi för sitt underhållsbehov. En ökad passagehastighet bidrar därför till en mer effektiv produktion av mikrobiellt protein (Hackmann & Firkins 2015). Passagehastigheten får dock inte bli så snabb att mikroorganismerna inte hinner föröka sig och att utflödet av mikroorganismer blir allt för stort. Detta leder till att våmmens funktion begränsas samt att det lösliga kvävet inte kan utnyttjas optimalt (Nilsson 2019).

2.3.4. Kondenserade tanniner

Kondenserade tanniner finns i vissa växter och minskar fodrets smältbarhet vilket reducerar nedbrytningen av proteinet i våmmen (Eriksson *et al.* 2012). Tanniner är metaboliter i växter som binder till protein och bildar komplex som inte kan brytas ner i våmmen hos mjölkkor (Eriksson *et al.* 2012). Studier har visat att tanninkomplexen är som mest stabila i pH 4,0 till 7,0, vilket innefattar våmmens pH (Jones & Mangan 1977). Eftersom löpmagens pH är cirka 2,5 löses bindningarna som bildar proteinkomplexet upp och proteinet kan därmed absorberas i tunntarmen (Jones & Mangan 1977). De kondenserade tanninerna bidrar därmed till att öka fraktionen av våmstabil protein, vilket anses vara positivt. Eriksson *et al.* (2012) genomförde en studie där käringtand (*Lotus corniculatus L.*) inkluderades i foderstaten. Käringtand är en baljväxt som innehåller kondenserade tanniner och vars odling lämpar sig bra i det svenska klimatet. I försöket jämfördes en foderstat som innehöll käringtand med en foderstat som innehöll vitklöver (*Trifolium repens L.*). Resultatet visade på en viss positiv effekt av tanninerna på kväveeffektiviteten, då foderstaten med käringtand gav upp till 1% högre kväveeffektivitet än foderstaten med vitklöver ($p < 0,05$). Foderstaten som innehöll käringtand gav även en högre mjölkproteinhalt ($p = 0,002$) samt tenderade till att öka mjölkavkastningen ($p < 0,1$). Foderstaten som innehöll käringtand gav en 0,5–0,8 kg ökad mjölkavkastning per ko och dag jämfört med vitklöverfoderstaten. Mjölkavkastningen skiljde sig dock inte signifikant mellan grupperna, vilket kan bero på att för få djur användes i försöket.

2.3.5. Värmebehandling av fodermedel

Värmebehandling av fodermedel förekommer exempelvis vid pelletering eller extrudering (Stern *et al.* 1985). Sojamjöl och rapsmjöl är exempel på vanliga fodermedel till mjölkkor som ofta värmebehandlas. Värmebehandling av fodermedel minskar lösligheten på proteinet och därmed minskar våmmens proteinnedbrytning väsentligt (Stern *et al.* 1985). Det beror på att det sker en denaturering och proteinet binder till kolhydrater, en så kallad Maillard reaktion sker (NRC 2001). En rätt utförd värmebehandling ökar således fraktionen av våmstabil protein, vilket är önskvärt. Tandon & Siddique (2008) menar att en effektiv värmebehandling uppnås vid 125 – 150 °C i 2 - 4 timmar. En otillräcklig värmebehandling ger endast en begränsad ökning av våmstabil protein (NRC 2001). En överhettning resulterar däremot i att foderproteinets binds för hårt i komplex och osmältbara maillard-produkter som reducerar det våmstabila proteinets smältbarhet i tunntarmen. Överhettning kan dessutom orsaka förluster av vissa aminosyror, så som lysin, cystein och arginin (NRC 2001).

2.4. Mikrofloras påverkan på kväveeffektivitet

Mjölkkon och hennes mikroorganismer lever i symbios. Mikrofloran använder näring från fodret för sin egen tillväxt och förökning som kon drar stor nytta av. Det gör att kon kan smälta sitt foder på ett effektivt sätt. En effektiv mikroflora kräver ett optimalt pH i våmmen. Enligt Roy *et al.* (2011) bör våmmens pH vara mellan 6,0–6,8. För att hålla ett jämt pH är det viktigt att sprida ut utfodringen över dygnet av framför allt stärkelserikt foder (Nocek 1992). Våmmens mikrober består av väldigt många arter som skiljer sig mellan varandra och har olika specialiteter (Hungate 1966). Cellolytiska mikroorganismer bryter ner cellulosa medan amylolytiska mikrober spjälkar stärkelse och proteolytiska organismer bryter ner protein (Hungate 1966). Olika arter av mikroorganismer i våmmen är därmed mer eller mindre effektiva på att bryta ner protein. Mikroorganismer har liksom alla andra arter ett underhållsbehov (Hackmann & Firkins 2015). Ju större underhållsbehov mikroorganismen har desto mindre effektivt blir kväveutnyttjandet. Mikrober lagrar även energi inuti cellen och viss energi spills som värme. Effektiviteten hos en art bestäms genom hur stor andel av energin som kan användas till tillväxt, och hur mycket energi som går åt för underhåll, till kolhydratreserver lagrade i cellen samt värmebildning (Hackmann & Firkins 2015).

Protein i foder bryts främst ner av proteolytiska bakterier men även av protozoer i våmmen (NRC 2001). Bakteriers proteolys sker med hjälp av enzymer på utsidan av cellen (Sjaastad *et al.* 2016). Enligt Brock *et al.* (1982) har bakterier 6 – 10 gånger högre proteinnedbrytande förmåga än protozoer. Protozoer är numeriskt färre i våmmen än bakterier, men på grund av deras större storlek kan protozoer utgöra upp till 50% av mikrofloras biomassa (Jouany & Ushida 1999). Protozoer kan ta upp små foderpartiklar men protozoers huvudsakliga källa till protein är via bakterier (Tamminga 1979). Den proteolytiska processen sker därmed inuti protozocellen (NRC 2001).

Deamination av aminosyror görs av en kombination av många lågaktiva bakteriearter och protozoer och några få arter som är högaktiva (Wallace 1996). Bakterien *Prevotella ruminicola* har en hög enzymatisk nedbrytning av peptider och aminosyror till ammoniak (Wallace 1996). Andra bakterier som har visat sig ha en stor deaminationseffekt är *Clostridium sticklandii* (Flythe & Kagan 2010) och *Peptostreptococcus anaerobius* (Chen & Russell 1988). Dessa kallas även för hyperproducerande ammoniumbakterier (McIntosh *et al.* 2003). Brock *et al.* (1982) menar att deaminationen i våmmen bör begränsas, vilket kan göras genom att inhibera proteaser i våmmen genom tillsats av trypsininhibitorer som bland annat finns i sojaböna.

3. Diskussion och slutsats

Syftet med denna litteraturstudie var att undersöka hur ett maximalt kväveutnyttjande hos mjölkkor kan uppnås för att reducera miljöpåverkan och öka lönsamheten. Ett optimalt utnyttjande av kväve är av intresse för bland annat lantbrukaren, kon, mikroorganismerna i våmmen och för miljön. Därmed har mycket forskning gjorts på området. Det har visat sig att kväveeffektiviteten kan påverkas på flera sätt och därmed finns det potential att förbättra mjölkornas kväveeffektivitet. Kväveeffektiviteten kan förbättras genom att maximera syntesen av mikrobprotein. Genom att maximera mikrobproteinsyntesen kan ammoniak i våmmen uppgraderas från NPN till en proteinkälla som innehåller alla aminosyror som kon behöver. Genom genetik och avel har mjölkornas avkastning ökat avsevärt, vilket också ställer krav på en ökad näringstillförsel av aminosyror. Därför är betydelsen av att öka andelen våmstabil protein mer aktuell än någonsin. Eriksson *et al.* (2012) visade att kväveeffektiviteten kunde öka genom att använda käringtand i foderstaten. Trots fördelarna med käringtand så är det, enligt min uppfattning, ovanligt att käringtand ingår i vallfoderblandningen. En anledning till detta kan vara att käringtand ger en låg avkastning. Med dagens klimatdebatt ökar idisslars betydelse som fiberomvandlare, vilket innebär att andelen grovfoder i mjölkorns foderstat kan komma att öka. Ensilage innehåller höga mängder lösligt protein och en ökning av andelen ensilage resulterar därför i mer lösligt kväve i våmmen. Därför kan åtgärder för att minska andelen lösligt protein i fodret bli allt viktigare.

Kväveförluster från våmmen kan minskas genom att minska förhållandet mellan nedbrytbart kväve i våmmen och fermenterbar energi (Park & Stronge 2005). Energiintaget kan ökas genom att bland annat tillsätta mer spannmål i foderstaten. Det finns dock en målkonflikt vad gäller intaget av energi. Även om ett högt energiintag är viktigt så finns det en begränsning (Eriksson 2010). När kolhydrater bryts ner i våmmen sänks pH i våmmen eftersom mer VFA bildas (Huhtanen *et al.* 2006). Om det finns ett för stort överskott av fermenterbara kolhydrater blir pH i våmmen så lågt att utnyttjandet av foder istället begränsas (Firkins 1996).

Enligt Huhtanen (2013) avtar kväveeffektiviteten med ökad råproteinhalt i fodret. Protein är en insatsvara, och lantbrukaren förväntar sig att återfå kostnaden för proteinet i form av en ökad mjölkavkastning. Kväveutnyttjandet var som högst vid

låga råproteinnivåer i foderstaten (Huhtanen 2013). Ju högre råproteinhalt desto mindre andel användes till mjölkproduktion. I denna situation bör varje enskild lantbrukare ta hänsyn till hur mycket insatsen i form av protein är värd och jämföra med hur mycket vinst som kan genereras genom ökad mjölkavkastning. Lönsamheten beror dels på ökade intäkter men även reducerade kostnader. Om proteinet är dyrare att köpa in än vad lantbrukaren får ut i form av ökad mjölkavkastning försämras lönsamheten. Huhtanen (2013) menar att mjölkkor kan producera upp till 90% av den maximala mjölkproduktionen utan några speciella proteintillskott. Det kan därför ses som mycket viktigt att lägga stort fokus på att odla fram ett eget högkvalitativt grovfoder som innehåller höga energi- och proteinvärden. Tillsammans med spannmål kan ett högkvalitativt grovfoder minska behovet av proteinkraftfoder vilket annars är en stor kostnad i företaget (Huhtanen 2013; Jordbruksverket 2018).

Den mest optimala råproteinhalten i foderstaten skiljer sig mellan studier. I studien av Colmonero & Broderick (2006) drog författarna slutsatsen att 16,5% råprotein är optimalt, medan Castillo *et al.* (2000) rekommenderade 15% råprotein i fodret. I svenska rekommendationer från Greppa Näringen (2019) bör råproteinhalten justeras efter kons laktationsstadium. Denna aspekten tar varken Colmonero & Broderick (2006) eller Castillo *et al.* (2000) upp, men skulle kunna vara en av anledningarna till att deras resultat skiljer sig åt. Eftersom kon har ett högre behov av aminosyror i början av laktationen bör mängden AAT vara högre, vilket bland annat kan åstadkommas genom att öka råproteinhalten i fodret. Senare i laktationen är hennes behov av AAT lägre, eftersom mjölkproduktionen sjunker. Vilken som är den mest optimala råproteinhalten kan bero på den enskilda gården samt gårdens tillgänglighet på proteinfodermedel.

Hackmann & Firkins (2015) och Brock *et al.* (1982) är eniga om att bakterier är mer effektiva kväveutnyttjare än protozoer i våmmen. Detta beror bland annat på att protozoer använder upp till 35 gånger mer energi som kolhydratreserv i cellen (Hackmann & Firkins 2015). På grund av protozoers större storlek bör de även ha ett större underhållsbehov än bakterier. Detta är ännu en anledning till att Hackmann & Firkins (2015) samt Brock *et al.* (1982) slutsatser verkar vara troliga. I teorin bör en kväveeffektiv mikroflora därmed bestå av bakterier snarare än protozoer, men eftersom protozoer även är involverade i andra processer i våmmen skulle en elimination av protozoer kunna ha en negativ påverkan på våmmen och mjölkkons foderutnyttjande.

Ureahalten i mjölk är ett enkelt sätt att mäta kväveeffektivitet eftersom det inte behöver samlas några extra mjölkprover, vilket är tidseffektivt och ekonomiskt. Det finns för- och nackdelar med att mäta ureahalten hos individuella kor jämfört med ett test i mjölktanken. Individuella tester görs månadsvis genom Kokontrollen och

kan indikera kväveeffektiviteten hos enskilda kor. Genom att mäta i mjölktanken fås ett bra mått på hela gruppens genomsnittliga kväveeffektivitet. Detta kan dock betyda att vissa kor har ett för lågt värde, medan andra kor har ett för högt värde, vilket ger ett medelvärde som ligger inom gränserna för ett bra ureavärde (Roy *et al.* 2011). Mjölakens ureahalt kan även mätas direkt på gården med verktyget Herd Navigator (Hansson 2013). Ureahalten mäts då på gruppnivå där korna är indelade efter förstakalvare eller högre laktationsnummer samt ifall de befinner sig i tidig eller sen laktation (Hansson 2013). Detta är en teknik som kan komma att användas på allt fler gårdar i framtiden då lantbruken blir allt mer teknologiska. Det är viktigt att ta hänsyn till att mjölakens ureahalt kan påverkas av andra faktorer. Eriksson (2014) visade att ureahalten varierar naturligt över dygnet och följer ammoniakkoncentrationen i våmmen med viss fördröjning. Våmmens koncentration av ammoniak ökar efter utfodring och ungefär tre timmar senare har ureahalten sin topp. Författaren visade också att ureahalten påverkas av intaget av mineraler. Ett ökat kaliumintag resulterade i en lägre ureahalt i mjölk. Kaliumhalten kan variera mycket mellan olika grovfoder (Eriksson 2014). Vid ett foderbyte mellan två foder med samma proteinhalt kan därmed olika kaliumhalter vara orsak till att ureahalten förändras.

Idag utfodras mjölkkor vanligen i grupp vilket betyder att individuella kors foderintag inte kan mätas, vilket kan vara ett stort problem vid utformning av foderstater. Därför forskas det på nya metoder för att bestämma kväveeffektiviteten. En metod som är aktuell är mid infraröd analys (MIR) (Grelet *et al.* 2020). Metoden använder infraröd spektrografi för att detektera kväveutnyttjandet tidigt i laktationen. Förutom mjölkspektrum som fås fram i samband av analysen från provmjölkningen ska MIR även kunna skatta foderintag hos individuella kor (Grelet *et al.* 2020). Genom att både skatta kväveintag och mäta ureahalten i mjölk kan kväveeffektiviteten bestämmas på ett säkrare sätt (Grelet *et al.* 2020). Författarna menar dock att MIR-analys kräver vidare forskning men är en metod som kan komma att användas i framtiden.

3.1.1. Slutsats

Ett optimalt kväveutnyttjande hos mjölkkon är viktigt för att reducera miljöpåverkan och öka lönsamheten i företaget. En välbalanserad foderstat kan gynna våmmens mikroflora och förbättra kons kväveeffektivitet. Genom stort fokus på gårdens egen odling av ett högkvalitativt grovfoder kan behovet av proteinkraftfoder minska. Mjölakens ureahalt kan användas som indikator på kons utnyttjande av kväve. Vidare utveckling av tekniker och mer forskning behövs för att kunna individanpassa foderstater och därmed kunna förbättra kväveeffektiviteten ytterligare hos mjölkkor.

Referenser

- Baker, M.J., Trevisan, J., Bassan, P., Bhargava, R., Butler, H.J., Dorling, K.M., Fielden, P.R., Fogarty, S.W., Fullwood, N.J., Heys, K.A., Hughes, C., Lasch, P., Martin-Hirsch, P.L., Obinaju, B., Sockalingum, G.D., Sulé-Suso, J., Strong, R.J., Walsh, M.J., Wood, B.R., Gardner, P. & Martin, F.L. (2014). Using Fourier transform IR spectroscopy to analyze biological materials. *Nature Protocols*, vol. 9 (8), ss. 1771–1791
- Brock, F.M., Forsberg, C.W. & Buchanan-Smith, J.G. (1982). Proteolytic activity of rumen microorganisms and effects of proteinase inhibitors. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 44 (3), ss. 561–569
- Castillo, A.R., Kebreab, E., Beaver, D.E. & France, J. (2000). A review of efficiency of nitrogen utilisation in lactating dairy cows and its relationship with environmental pollution. *Journal of Animal and Feed Sciences*, vol. 9 (1), ss. 1–32
- Chen, G.J. & Russell, J.B. (1988). Fermentation of peptides and amino acids by a monensin-sensitive ruminal Peptostreptococcus. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 54 (11), ss. 2742–2749
- Colmenero, J.J.O. & Broderick, G.A. (2006). Effect of Dietary Crude Protein Concentration on Milk Production and Nitrogen Utilization in Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, vol. 89 (5), ss. 1704–1712
- Dewhurst, R.J., Evans, R.T., Scollan, N.D., Moorby, J.M., Merry, R.J., Wilkins, R.J. (2003). Comparison of grass and legume silages for milk production. 2. In vivo and in sacco evaluation of rumen function. *Journal of dairy science*, vol 86 (8), ss. 2612-2621.
- Dufreneix, F., Faverdin, P. & Peyraud, J.-L. (2019). Influence of particle size and density on mean retention time in the rumen of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, vol. 102 (4), ss. 3010–3022
- Eriksson, T. (2010). *Hur lite protein behöver kon?* Tillgänglig: <https://www.vxa.se/globalassets/dokument/fordjupningar/dou/2010/hur-lite-protein-behoover-kon---egentligen---torsten-eriksson---sammanfattning.pdf> [2020-05-11]
- Eriksson, T. (2014). *Mjölkureahalten påverkas av foderstatens mineralinnehåll och provmjlkningstidpunkt.* Tillgänglig: <https://www.vxa.se/globalassets/dokument/fordjupningar/dou/2014/mjolk-ureahalten-paverkas-av-foderstatens-mineralinnehall-och-provmjolkningstidpunkt.pdf> [2020-04-29]

- Eriksson, T., Norell, L., Nilsson-Linde, N. (2012). Nitrogen metabolism and milk production in dairy cows fed semi-restricted amounts of ryegrass-legume silage with birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus L.*) or white clover (*Trifolium repens L.*). *Grass and Forage Science*, vol. 67 (4), ss. 546-558.
- Eurofins (2019). *Kokontroll - Standardanalyser*. Tillgänglig: <https://www.eurofins.se/tjaenster/mjoelk-och-mjoelkproduktion/kokontroll-standardanalyser/> [2020-04-20]
- Firkins, J.L. (1996). Maximizing Microbial Protein Synthesis in the Rumen. *The Journal of Nutrition*, vol. 126 (4), ss. 1347–1354 Oxford Academic.
- Ferrier, D. (2017). Lippincott illustrated reviews: Biochemistry. 7 ed. Philadelphia: Lippincott William and Wilkins.
- Flythe, M. & Kagan, I. (2010). Antimicrobial Effect of Red Clover (*Trifolium pratense*) Phenolic Extract on the Ruminal Hyper Ammonia-Producing Bacterium, *Clostridium sticklandii*. *Current Microbiology*, vol. 61 (2), ss. 125–131
- Granström, K. (2014). *Vallensilage: Grovfodervertyget*. Tillgänglig: <http://grovfoderverktyget.se/?p=31148&m=4634> [2020-04-20]
- Grelet, C., Froidmont, E., Foldager, L., Salavati, M., Hostens, M., Ferris, C.P., Ingvarsen, K.L., Crowe, M.A., Sorensen, M.T., Pierna, J.A.F., Vanlierde, A., Gengler, N. & Dehareng, F. (2020). Potential of milk mid-infrared spectra to predict nitrogen use efficiency of individual dairy cows in early lactation. *Journal of Dairy Science*, vol. 103, ss. 4435-4445. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17910>
- Greppa Näringen (2019). *Ge inte för mycket råprotein till mjölkcor*. Tillgänglig: <https://greppa.nu/atgarder/ge-inte-for-mycket-rapein-till-mjolkkor.html> [2020-04-17]
- Hackmann, T.J. & Firkins, J.L. (2015). Maximizing efficiency of rumen microbial protein production. *Front. Microbiol.*, vol. 6 (465). Tillgänglig: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2015.00465/full> [2020-05-03]
- Hansson, A. (2013). *Herd Navigator som sensorinstrument för fruktsamheten*. Växa Sverige. Tillgänglig: https://www.vxa.se/globalassets/dokument/fordjupningar/dou/2013/herd_navigator_som_sensorinstrument_for_fruktsamheten.pdf?t_id=1B2M2Y8AsgTpgAmY7PhCfg%3D%3D&t_q=produktionsradgivare&t_tags=language%3Asv%2Csiteid%3Ae097c9d7-438e-465c-ab51-262ec13db2b5&t_ip=66.249.75.1&t_hit.id=Vxa_Models_Media_GenericMedia/_c820c149-d72b-406d-94a8-6f188ca13131&t_hit.pos=24 [2020-05-24]
- Huhtanen, P. (2013). *Utfodring av mjölkcor utan proteinfoder - går det?* Tillgänglig: https://pub.epsilon.slu.se/9476/1/Huhtanen_P_130304.pdf [2020-05-03]
- Huhtanen, P., Ahvenjärvi, S., Weisbjerg, M.R. & Nørgaard, P. (2006). Digestion and passage of fibre in ruminants. I: Ruminant physiology: digestion,

- metabolism and impact of nutrition on gene expression, immunology and stress, ss. 87-135. Wageningen Press, Wageningen, the Netherlands.
- Hungate, R.E. (1966). *The Rumen and Its Microbes*. New York & London: *Academic Press*. Tillgänglig:
https://books.google.se/books?hl=sv&lr=&id=TK_SBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=The+Rumen+and+Its+Microbes&ots=9ESRIeUCb&sig=0z3ggfjepzPktoIQVG6odWEzm1I&redir_esc=y#v=onepage&q=The%20Rumen%20and%20Its%20Microbes&f=false [2020-04-27]
- Jones, W.T. & Mangan, J.L. (1977). Complexes of the condensed tannins of sainfoin (*Onobrychis viciifolia scop.*) with fraction 1 leaf protein and with submaxillary mucoprotein, and their reversal by polyethylene glycol and pH. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 28 (2), ss. 126–136
- Jonker, J.S., Kohn, R.A. & Erdman, R.A. (1998). Using Milk Urea Nitrogen to Predict Nitrogen Excretion and Utilization Efficiency in Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, vol. 81 (10), ss. 2681–2692
- Jordan, E.R. & Swanson, L.V. (1979). Effect of Crude Protein on Reproductive Efficiency, Serum Total Protein, and Albumin in the High-Producing Dairy Cow 1. *Journal of Dairy Science*, vol. 62 (1), ss. 58–63
- Jordbruksverket (2018). *Bra proteinfoder till mjölkkor i ekologisk produktion*. Tillgänglig:
https://www2.jordbruksverket.se/download/18.1849118116306152bd1ae2/1524833153107/jo18_3.pdf [2020-05-03]
- Jouany, J.P. & Ushida, K. (1999). The Role of Protozoa in Feed Digestion - Review -. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, vol. 12(1), ss. 113–128
- Lu, Z., Xu, Z., Shen, Z., Tian, Y. & Shen, H. (2019). Dietary Energy Level Promotes Rumen Microbial Protein Synthesis by Improving the Energy Productivity of the Ruminant Microbiome. *Front. Microbiol.*, vol. 10 (847). Tillgänglig:
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2019.00847/full> [2020-04-29]
- Madsen, J. & Hvelplund, T. (1985). Protein degradation in the rumen. *Acta agric. Scand.*, vol 25, ss. 103-124.
- McIntosh, F.M., Williams, P., Losa, R., Wallace, R.J., Beever, D.A. & Newbold, C.J. (2003). Effects of Essential Oils on Ruminant Microorganisms and Their Protein Metabolism. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 69 (8), ss. 5011–5014
- Nielsen, N. I., & Volden, H. (2011). Animal requirements and recommendations. I: Volden H. (red), *NorFor - The nordic feed evaluation system*. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, ss. 85-113.
- Nilsson, M. (2019). *Mjölkkor*. Stockholm: Natur & Kultur Läromedel.

- Nocek, J.E. (1992). Feeding Sequence and strategy effects on ruminal environment and production performance in first lactation cows, *Journal of Dairy Science*, vol. 75, ss. 3100-3108
- NRC (2001). Nutrient requirements of dairy cattle. 7th rev. ed. Washington, D.C: National Academy Press.
- Park, R.S. & Stronge, M.D. (2005). Silage production and utilisation: Proceedings of the XIVth International Silage Conference, a satellite workshop of the XXth International Grassland Congress, Belfast, Northern Ireland. The Netherlands: *Wageningen Academic Publishers*. DOI: <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-553-6>
- Pettersson, T. (2006). *Protein från vall: Jordbruksverket*. Tillgänglig: <https://issuu.com/jordbruksverket/docs/121016073305-b97e954f43924304a29a8fb35dddad5b> [2020-05-03]
- Roy, B., Brahma, B., Ghosh, S., Pankaj, P.K. & Mandal, G. (2011). Evaluation of Milk Urea Concentration as Useful Indicator for Dairy Herd Management: A Review. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, vol. 6 (1), ss. 1–19
- Schepers, A.J. & Meijer, R.G.M. (1998). Evaluation of the Utilization of Dietary Nitrogen by Dairy Cows Based on Urea Concentration in Milk. *Journal of Dairy Science*, vol. 81 (2), ss. 579–584
- Schwab, C.G. & Broderick, G.A. (2017). A 100-year Review: Protein and amino acid nutrition in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, vol. 100 (12), ss. 10094-10112.
- Sjaastad, O.V., Sand, O. & Hove, K. (2016). *Physiology of Domestic Animals*. Third Edition. Oslo: Scandinavian Veterinary Press.
- Stern, M.O., Santos, K.A. & Satter, L.D. (1985). Protein Degradation in Rumen and Amino Acid Absorption in Small Intestine of Lactating Dairy Cattle Fed Heat-Treated Whole Soybeans. *Journal of Dairy Science*, vol. 68 (1), ss. 45–56
- Svensk Mjölk (2003). *Kvalitetssäkrad mjölkproduktion: Kvalitetssäkrad utforing - mjölkkor*. Text & Tryck Totab AB. Eskilstuna.
- Tamminga, S. (1979). Protein degradation in the forestomachs of ruminants. *Journal of Animal Science*, vol 49(6), ss. 1615-1630
- Tandon, M. & Siddique, R.A. (2008). Role of bypass proteins in ruminant production. *Dairy Planner*, vol 4 (10), ss. 11-14. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16615.04003>
- Wallace, R.J. (1996). Ruminal Microbial Metabolism of Peptides and Amino Acids. *The Journal of Nutrition*, vol. 126 (4), ss. 1326-1334