

## Kraftfoder baserat på spannmål eller betfiber i fullfodersystem till svenska mjölkkor

- Effekter på mjölkavkastning, foderkonsumtion och resursutnyttjande

Concentrate based on cereal grain or sugar beet pulp in total mixed rations to Swedish dairy cows

- Effects on milk yield, feed consumption and utilization of resources

*Matilda Johansson*



**Krafftoder baserat på spannmål eller betfiber i fullfodersystem till svenska mjölkkor – effekter på mjölkavkastning, foderkonsumtion och resursutnyttjande**

Concentrate based on cereal grain or sugar beet pulp in total mixed rations to Swedish dairy cows – effects on milk yield, feed consumption and utilization of resources

*Matilda Johansson*

**Handledare:** Johanna Karlsson, SLU

**Institution:** Husdjurens utfodring och vård

**Bitr handledare:** Christina Nyemad, Lantmännen

**Institution:** -

**Examinator:** Rolf Spörndly

**Institution:** Husdjurens utfodring och vård

**Omfattning:** 30 hp

**Nivå och fördjupning:** A2E

**Kurstitel:** Examensarbete i husdjursvetenskap

**Kurskod:** EX0552

**Program:** Agronomprogrammet - Husdjur

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2018

**Omslagsbild:** Matilda Johansson

**Serienamn / delnummer:** Examensarbete / SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, nr 627

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** mjölkproduktion, biprodukter, potentiellt humant livsmedel

**Keywords:** milk production, by-products, edible feed

**Sveriges lantbruksuniversitet**  
**Swedish University of Agricultural Sciences**

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap  
Institutionen för husdjurens utfodring och vård

## Abstract

The use of cereals as feedstuffs for ruminants has been questioned, critics claim that only fiber rich feed materials such as roughage and by-products belong in dairy cattle feeding. In feed based on by-products, the cereals are usually replaced with sugar beet pulp to provide the dairy cattle with easily fermented carbohydrates. Under Swedish conditions, however, this strategy leads to a lower level of self-sufficiency at national level. Since domestic production of sugar beets is not sufficient to provide all dairy cows with concentrate at today's levels, the content consists of imported sugar beet pulp, unlike barley that are grown in most parts of the country. Most previous studies have shown that the grain fraction for cows in different lactation stages can be replaced by by-products without affecting the milk yield. A change-over trial with 21 days for each of the two treatment periods was conducted. Forty-eight cows ( $125 \pm 20$  DIM) were divided into two treatment groups taking into account lactation number, breed and days in milk. The purpose was to find out how milk yield, body condition score, feed intake, feed efficiency and digestibility were affected by sugar beet pulp-based by-product concentrate without starch (US) and cereal-based by-product concentrate with starch (MS) when fed *ad libitum* in a total mixed ration (TMR). MS resulted in significantly higher daily feed intake as well as yield measured in kg of milk, kg of ECM, kg of lactose, kg of protein and higher percent of protein in the milk. US resulted in higher feed efficiency, but resulted in a lower financial net in this study. Self-sufficiency and the proportion of human edible feed in the cow diet became higher with MS. In the present study, the Swedish cereals have proved to be a good base in food for dairy cows in order to increase Sweden's self-sufficiency on feed, thereby promoting sustainable domestic food production.

## Sammanfattning

Från vissa håll har användningen av spannmål som fodermedel till idisslare ifrågasatts, kritiker hävdar att endast fiberrika fodermedel som grovfoder och biprodukter hör hemma i mjölkkors foderstater. I foder baserade på biprodukter ersätts vanligen spannmålen med betfibrer för att tillföra lättillgängliga kolhydrater. Sveriges produktion av sockerbeter räcker inte för att försörja landets mjölkkor utan betfibern är uteslutande importerad, till skillnad från korn som odlas i större delen av landet. Flertalet tidigare studier har visat att spannmålsfraktionen till kor i olika laktationsstadium har kunnat bytas ut mot biprodukter utan att mjölkavkastningen har påverkats. Ett change-over-försök med två behandlingsperioder på vardera 21 dagar genomfördes. Fyrtioåttio kor ( $125 \pm 20$  DIM) delades upp i två behandlingsgrupper med hänsyn till dagar i laktation, ras och laktationsnummer. Syftet var att ta reda på hur mjölkavkastning, hull, foderintag, fodereffektivitet och smältbarhet påverkades av betfiberbaserat biproduktkraftfoder utan stärkelse (US) respektive kornbaserat biproduktkraftfoder med stärkelse (MS). Kraftfodret MS gav signifikant högre dagligt foderintag samt avkastning mätt i kg mjölk, kg ECM, kg laktos, kg protein och högre procent protein i mjölken. US resulterade i högre fodereffektivitet men gav ett lägre ekonomiskt netto i denna studie. Självförsörjningsgraden och andelen potentiellt humant livsmedel i foderstaten blev högre med MS. Den svenska spannmålen har i detta försök visat sig utgöra en bra grund i kraftfoder till mjölkkor i syfte att öka Sveriges självförsörjningsgrad på foder och därigenom främja en hållbar inhemsk livsmedelsproduktion.

# Innehållsförteckning

|                                                 |           |
|-------------------------------------------------|-----------|
| <b>Introduktion</b> .....                       | <b>1</b>  |
| Syfte och hypotes .....                         | 2         |
| <b>Litteraturstudie</b> .....                   | <b>2</b>  |
| Stärkelse .....                                 | 2         |
| Pektin .....                                    | 3         |
| Faktorer som påverkar foderintag .....          | 3         |
| Syntes av mjölkkomponenter .....                | 3         |
| Mjök på biprodukter .....                       | 4         |
| Mjök på spannmål .....                          | 6         |
| Nulägesanalys foderråvarornas ursprung .....    | 6         |
| <b>Material och metoder – egen studie</b> ..... | <b>7</b>  |
| Försöksdesign .....                             | 7         |
| Försöksperiod .....                             | 7         |
| Komaterial .....                                | 8         |
| Ladugården .....                                | 8         |
| Hullbedömning och vägning .....                 | 8         |
| Provmjölknningar .....                          | 8         |
| Utfodring .....                                 | 8         |
| Ensilaget .....                                 | 9         |
| Krafftodret .....                               | 9         |
| Fullfoderblandningarna .....                    | 11        |
| Kemiska analyser .....                          | 12        |
| Statistisk analys .....                         | 13        |
| Uträkningar .....                               | 14        |
| <b>Resultat</b> .....                           | <b>14</b> |
| Foder .....                                     | 14        |
| Mjök .....                                      | 15        |
| Hull och kroppsvikt .....                       | 16        |
| Andel potentiellt humant livsmedel .....        | 16        |
| Självförsörjningsgrad .....                     | 17        |
| Ekonomi .....                                   | 18        |

|                                          |           |
|------------------------------------------|-----------|
| <b>Diskussion</b> .....                  | <b>18</b> |
| Foder .....                              | 18        |
| Mjök.....                                | 19        |
| Hull och kroppsvikt.....                 | 20        |
| Andel potentiellt humant livsmedel ..... | 20        |
| Självförsörjningsgrad .....              | 21        |
| Ekonomi.....                             | 22        |
| <b>Slutsatser</b> .....                  | <b>22</b> |
| <b>Författarens tack</b> .....           | <b>23</b> |
| <b>Referenser</b> .....                  | <b>24</b> |

## Introduktion

Hållbar produktion, konsumtion och självförsörjningsgrad av livsmedel har blivit heta politiska frågor under de senaste åren. Sveriges självförsörjningsgrad på livsmedel är idag lägre än 50 procent sett till ton konsumerad mängd, utesluter man även importen av insatsvaror så som foder, drivmedel och mineralgödsel så skattas självförsörjningsgraden vara obefintlig (Sveriges Riksdag, 2016). Mjolksektorn står för ca en femtedel av det sammanlagda värdet av svenska jordbruksprodukter och utgör den största produktionsgrenen sett till produktionsvärde (Jordbruksverket, 2017a). De senaste tio åren har antalet mjölkproducenter halverats, även antalet mjölkkor och den totala invägningen har minskat, samtidigt som kornas årsavkastning har ökat (Jordbruksverket, 2016).

År 2016 var 26 procent av de konsumerade mejerivarorna i Sverige importerade, jämfört med år 2007 då endast 3,4 procent var import (Jordbruksverket, 2017b). Det finns många anledningar till varför Sverige borde öka sin självförsörjningsgrad för livsmedel i stort men inte minst då det gäller mejeriprodukter. Svensk mjölk har 44 procent lägre klimatpåverkan per kg i jämförelse med det globala genomsnittet enligt FAO (2010). Förutom låg klimatpåverkan så har svensk mjölk mervärden också gällande bland annat djurskydd, djurhälsa, livsmedelssäkerhet och biologisk mångfald (Jordbruksverket, 2015).

En anledning till varför Sverige ligger i framkant när det gäller hållbar mjölkproduktion är att svenska mjölkkor har en hög mjölkavkastning (Jordbruksverket, 2015). Det beror på att korna har en hög genetisk potential för mjölkavkastning i kombination med bra skötsel och god näringstillförsel. För att kunna producera denna mjölmängd räcker ej enbart grovfoder. I Sverige utgör vanligen spannmål en betydande del av mjölkkons foderintag, kompletterat med proteinrika baljväxter och/eller biprodukter från och energi- och livsmedelsindustrin. Minst 45 procent av åkermarken i Sverige används för odling av vall och spannmål till nötkreatur. Omkring 25 procent av Sveriges åkerareal brukas för odling av foder till nötkreatur av mjölkkras (Jordbruksverket, 2015).

Utöver det inhemskt producerade fodret så importeras idag en betydande del av råvarorna i det kraftfoder som svenska mjölkkor konsumerar. I en rapport från 2015 i serien *Framtidens Lantbruk* tas importstopp av kraftfoder upp som ett potentiellt hot mot svensk mjölkproduktion (Eckersten *et al.*, 2015).

Kon är en idisslare som effektivt kan nyttja fiberrikt växtmaterial genom mikrobjäsning i våmmen, det har från vissa håll därför ifrågasatts på senare år att det används stora arealer åkermark för att odla spannmål till idisslare. En resurskonflikt uppstår eftersom spannmålen skulle kunna nyttjas direkt av människor eller som foder till enkelmagade djur. Alternativt skulle arealen kunna brukas för odling av grödor för direkt humant bruk istället för produktion av foder till mjölkkor. Å andra sidan kan spannmål produceras i stora delar av Sverige och är en viktig råvara för kraftfoderproducenter likväl som det utgör ett betydelsefullt hemodlat fodermedel för många mjölkproducenter.

## Syfte och hypotes

Syftet med försöket var att ta reda på huruvida utfodring av enbart vall och biprodukter istället för spannmål skulle kunna vara ett alternativ för svenska mjölkkor. Fokus riktades på hur dessa två olika utfodringsstrategierna skulle påverka resurstävlan mellan foderproduktion och grödor för direkt humant bruk samt svensk självförsörjningsgrad. Hur kor i mittlaktation påverkades gällande mjölkavkastning, hull och foderintag vid utfodring av kraftfoder baserat på betfiber jämfört med traditionellt spannmålsbaserat kraftfoder var frågeställningar som förväntades kunna besvaras. Även ekonomiskt netto, andel potentiellt humant livsmedel samt svensk självförsörjningsgrad var aspekter som ansågs vara av intresse i denna studie. I syfte att få svar på dessa frågeställningar utformades ett change-over-försök där behandlingarna var två olika kraftfoder, betfiberbaserade biproduktkraftfoder utan stärkelse (US) samt kornbaserade biproduktkraftfoder med stärkelse (MS), utfodrade i fullfoderblandning (TMR) innehållande 50 procent kraftfoder. Hypotesen var att värdet för mjölk minus foder var högre när korna utfodras med spannmålsbaserat kraftfoder, att andelen potentiellt humant livsmedel var lägre vid utfodring av betfiberbaserat kraftfoder och att detta foder skulle ge en lägre självförsörjningsgrad.

## Litteraturstudie

### Stärkelse

Flertalet växter lagrar in reservenergi i form av stärkelsegranuler, spannmål till exempel lagrar stärkelse i kärnan. Hela kärnor från korn innehåller omkring 52 procent stärkelse på TS-basis (Spördly, 2003). Stärkelse är en glukos som till största del är uppbyggd av polysackariden amylopektin (grenad struktur) men även amylos (rak struktur) ingår i stärkelsens strukturella uppbyggnad. Amylopektin och amylos består i sin tur av glukosrester bundna med  $\alpha$ -(1:4)-bindningar och till viss del  $\alpha$ -(1:6)-bindningar. I våmmen bryts stärkelsegranulerna ner av våmmikrober, över 90 procent av stärkelsen fermenteras av mikroberna och resterande stärkelse går vidare till tunntarmen (McDonald *et al.*, 2011). Fermentering av stärkelse i våmmen bidrar till en ökad andel propionsyra samt även en snabbare fermentering och högre total mängd flyktiga fettsyror (VFA=Volatile Fatty Acids) per kg foder. Höga stärkelsenivåer leder till sänkt pH-värde i våmmen till följd av laktobacillers produktion av laktat. Detta leder i sin tur till att mikroorganismer som använder sig av laktat som substrat för att bilda propionsyra stimuleras, till skillnad från vid normal utfodring då propionsyra bildas från oxalacetat via succinylsyra (Sjaastad *et al.*, 2010). De flyktiga fettsyrorna smörsyra, ättiksyra och propionsyra är restprodukter från mikroorganismernas fermentering, men dessa absorberas effektivt genom våmväggen och utgör då en huvudsaklig källa till energi för idisslaren (Sjaastad *et al.*, 2010). Den stärkelse som går vidare till tunntarmen hydrolyseras av  $\alpha$ -amylas från bukspottkörteln till dextrin. Dextrin spjälkas vidare till maltos och sedan glukos för att möjliggöra absorption. Detta händelseförlopp är beroende av enzymerna maltas och isomaltas eftersom idisslare, till skillnad från enkelmagade djur, saknar sukrosaktivitet (Harmon, 1992).

## Pektin

Omelasserad betfiber innehåller cirka 24 procent pektin på torrsustans(ts)basis (Spörndly, 2003). Pektin är en heteroglykan som är uppbyggd i kedjestruktur av i huvudsak D-galaturonsyra med inslag av L-rhamnos. Därutöver tillkommer sidokedjor av D-galaktos, L-arabinos och D-xylos (McDonald *et al.*, 2011). Pektin bryts i stort sett ner fullständigt och är den strukturella kolhydrat som fermenteras snabbast. Stärkelse och cellulosa har högre variation på fermentationshastighet beroende på källa. Fermenteringen av pektin är speciell eftersom den ej resulterar i laktat samt att galaturonsyran har buffrande egenskaper genom metalljonbindning och utbyte av katjoner (Van Soest, *et al.*, 1991). Ett *in vitro*-försök av Mauronek *et al.* (1985) visade att ättiksyra utgör 84 till 95 procent av de produkter som erhålls efter fermentering av pektin. Tidigare försök har resulterat i reducerat torrsustansintag vid ökad andel betfiber i foderstaten på grund av att digestan erhåller en högre volym och vikt till följd av pektinets vattenhållande förmåga (Voelker och Allen, 2003).

## Faktorer som påverkar foderintag

Våmmen har en begränsad volym och fodrets smältbarhet har en direkt effekt på foderintaget. Våminnehållet består i princip av två fraktioner, en flytande fas som innehåller fina foderpartiklar och lösliga ämnen samt en fiberfraktion som ligger i toppen av den flytande fraktionen som en matta. Fiberfraktionen kräver ytterligare bearbetning via idissling för att blottlägga större kontaktyta för mikroorganismer att bryta ner materialet. I den flytande fasen sker en snabb fermentering och i takt med att mer foder intas av kon så passerar digesta, inklusive en del mikroorganismer, vidare till nätmagen och därefter till bladmagen och sedan löpmagen (Sjaastad *et al.*, 2010). Platta och tunna partiklar har en tendens att flyta ovanpå det lösta våminnehållet och får således mindre kontakt med mikroorganismer och bryts ner långsammare. För att partiklar ska kunna passera ut ur våmöppningen måste de kunna passera en sil med 3-4 mm öppningshål (McDonald *et al.*, 2011). Det leder till att fiberrikt foder ger en lägre passagehastighet och således även lägre intag eftersom de fiberrika fraktionerna uppehåller sig längre tid i våmmen och upptar plats. Vid ett högt foderintag passerar digestan snabbare ut ur våmmen, lättsmält foder så som kraftfoder med fin struktur och spannmål bidrar också till en ökad passagehastighet (Sjaastad *et al.*, 2010). Fodrets innehåll av fiber spelar således en stor roll för intagskapaciteten, konsumtionsmaximum av fiber olöslig i neutral detergentlösning (NDF=Neutral Detergent Fiber) uppskattas vara ungefär 1,5 procent av kons kroppsvikt (Gustafsson, 1989 & Nycander, 1989).

## Syntes av mjölkkomponenter

Ättiksyra utgör en viktig prekursor i bildandet av mjölkfett. Om det finns för lite ättiksyra tillgängligt för de sekretoriska juvercellerna eller om kvoten mellan ättiksyra och propionsyra är för låg minskar andelen fett i mjölken (McDonald *et al.*, 2011). Propionsyra å andra sidan är ett glukogent ämne, vilket innebär att det är en prekursor för syntes av laktos (Leiva *et al.*, 2000). Laktos är en disackarid som bildas i golgiapparaten med glukos som substrat och är sammansatt av glukos och galaktos. Mjölken halt av laktos är relativt konstant eftersom den utgör ungefär 50 procent av mjölken osmolaritet (Sjaastad *et al.*, 2010). Mängden laktos som produceras har alltså en avgörande effekt på hur stor mängd mjölk kon kommer att producera och därav kan tillgången på glukogena prekursorer ha en viktig inverkan på mjölkavkastningen (Leiva *et al.*, 2000). Proteinet i idisslarens foderstat kan delas in i tre kategorier, våmlöst protein som mikroorganismerna kan utnyttja för sin egen tillväxt, våmstabil protein samt övriga kväveföreningar. För att det våmlösliga proteinet och övriga kväveföreningar ska komma till nytta



så krävs att det finns tillräcklig mängd lösliga kolhydrater tillgängliga i vämman. Balansen mellan protein och lösliga kolhydrater i vämman (PBV) måste vara inom ett givet spann. Mikroberna använder de lösliga kolhydraterna som energikälla och lösligt protein samt övriga kväveföreningar som byggstenar när de förökar sig. Vämstabil protein kan finnas naturligt i fodret om grödan innehåller kemiska föreningar så som tanniner, eller så kan det erhållas genom värmebehandling eller annan behandling som ger skydd mot vämnedbrytning. Både det vämstabila proteinet och mikroorganismer (mikrobprotein) kommer sedan vidare till tunntarmen där de spjälkas och aminosyror tas upp (AAT) och kommer kon till nytta. Idisslarnas vämmikrober kan syntetisera alla essentiella aminosyror, men eftersom mikrobproteinet varierar i mängd och kvalitet kan det vara en begränsande faktor för mjölkproduktionen. Tillförsel av de två första begränsade essentiella aminosyror lysin och metionin skulle således kunna bidra till att uppnå maximal mjölkproduktion (McDonald *et al.*, 2011). Syntetiska aminosyror kan bidra till hög precision i utfodringen och god kväveeffektivitet genom skräddarsydd tillförsel av enskilda aminosyror och tillförsel av essentiella aminosyror utan att öka råproteinhalten i foderstaten (Broderick *et al.*, 2008). Essentiella aminosyror från blodet kan sedan användas i juvercellernas stråva endoplasmatiska retikulum för att bilda mjölkproteiner. Proteinerna kan sedan modifieras i golgiapparaten innan de transporteras ut i alveolerna. Juvercellerna kan även nyttja transaminering för att tillverka icke-essentiella aminosyror. De flesta proteiner som förekommer i mjölk är specifika för juret och omkring 95 procent av dem förekommer ingen annan stans i kroppen (Sjaastad *et al.*, 2010).

#### Mjölk på biprodukter

Lantbruket och i synnerlighet animalieproduktionen har ifrågasatts internationellt på senare år när det gäller hållbarhet och resursanvändning. Detta samtidigt som världens befolkning ökar i antal och med det följer ett ökat behov av livsmedel. I takt med utvecklingen mot en rikare och mer urbaniserad världsbefolkning ökar även efterfrågan på animalieprodukter. Från 2010 till 2050 måste den internationella mjölkinvägningen öka med 58 procent för att möta världsbefolkningens förväntade efterfrågan på mejeriprodukter (FAO, 2011). För att kunna möta upp denna efterfrågan behöver större mängd mjölk produceras med hjälp av mindre resurser. Idisslare kan effektivt nyttja fiberrikt växtmaterial som vi människor ej kan tillgodogöra oss och omvandla det till högvärdiga livsmedel så som kött och mjölk (Ertl *et al.*, 2015). Trots detta faktum rapporterade Oltjen och Beckett (1996) att mjölkkor som får 50 procent kraftfoder i själva verket äter mer livsmedel än vad de producerar. Vidare utvecklade Wilkinson (2011) ett koncept som jämför andelen potentiellt livsmedel kon får i sig via fodret med hur mycket livsmedel hon producerar i form av kött och mjölk i en kvot som namngetts ”*edible feed conversion ratio*” (eFCR). Kvoter för eFCR anges vanligen för energi och protein, för att kunna göra dessa uträkningar görs först en bestämning av kraftfoderråvarans andel potentiellt humant livsmedel med utgångspunkt från Wilkinson (2011) tabell 1. Argument som talar emot eFCR är att det ej tar hänsyn till markanvändningseffektivitet, vilket också är en viktig punkt att ta i beaktande vid bedömning av hållbarhetsaspekter (Wilkinson, 2011; Ertl *et al.*, 2015; Ertl *et al.*, 2016).

Tabell 1. *Andel potentiellt humant livsmedel enligt Wilkinson, 2011 (fritt översatt).*

| <b>Fodermedel</b>                | <b>Andel potentiellt humant livsmedel</b> |
|----------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>Bete, ensilage och hö</b>     | 0                                         |
| <b>Spannmål och baljväxter</b>   | 0,8                                       |
| <b>Spannmålsbiprodukter</b>      | 0,2                                       |
| <b>Sojamjöl</b>                  | 0,8                                       |
| <b>Mjöl av övriga oljeväxter</b> | 0,2                                       |
| <b>Övriga biprodukter</b>        | 0,2                                       |
| <b>Mineral/vitaminpremix</b>     | 0                                         |

Swensson *et al.* (2017) nämner fem olika svenska typfoderstater utifrån vad som är representativa strategier för olika regioner i Sverige. I tabell 2 baseras andelen potentiellt humant livsmedel utifrån en typfoderstat bestående av ensilage från blandvall och pelleterat färdigfoder, vilken uppges representera en karakteristisk foderstat för 29 procent av Sveriges mjölkkor (Swensson *et al.*, 2017). Tabell 2 innehåller även andel grovfoder och andel potentiellt humant livsmedel i kontroll- och försöksfoderstater från två publicerade försök (Ertl *et al.* (2015 resp. 2016).

Ertl *et al.* (2015) gjorde ett change-over-försök under sju veckor per experimentperiod med 18 kor  $108 \pm 90$  dagar in i laktation, där behandlingarna utgjordes av två olika kraftfoder. Kontrollfodret utgjordes av råvaror som är vanligt förekommande foder till ekologiska mjölkkor i Österrike: ärt, majs, åkerböna, havre, vete och melass. Biproduktsfodret utgjordes av majsfodermjöl, betfiber, rapskaka, sojakaka och melass. Kraftfodren var tillverkade av en kommersiell foderfabrik och var komponerade för att vara isonutritionella och isoenergiska. Korna hade fri tillgång till grovfoder men kraftfodret anpassades veckovis till aktuell mjölkavkastning och gavs via en automat, max 8 kg TS per dag. Det dagliga ts-intaget påverkades ej, men skillnaderna i kraftfodrens sammansättning resulterade i skillnader i de dagliga intagen, biproduktfodret gav 33,8 procent lägre stärkelseintag, 5,9 procent högre intag av NDF och 28,2 procent högre fettintag. Trots dessa skillnader i foderstaterna så påvisades inga signifikanta skillnader för mjölmängd eller mjölksammansättning. Biproduktsfodret gav eFCR på 5,55 för energi och 4,27 för protein, jämfört med eFCR på endast 1,39 respektive 1,60 för kontrollfodret. Författarna tar upp svårigheten i att bedöma andel potentiellt humant livsmedel eftersom det beror på enskilda omständigheter. Under en hungersnöd skulle det till exempel vara möjligt att fler kan tänka sig att äta en större fraktion biprodukter.

Ertl *et al.* (2016) genomförde ett liknande change-over-försök med 20 kor  $117 \pm 113$  dagar in i laktation under sju veckors experimentperiod per behandling. Till skillnad från det tidigare nämnda försöket så valde man i detta försök att utfodra med två olika fullfoderblandningar innehållande 75 procent grovfoder. Kontrollkraftfodret utgjordes av ett kommersiellt kraftfoder som är vanligt förekommande på Österrikiska ekologiska mjölkgårdar, vilket innehöll korn, rågvete, majs, råg åkerböna och melass. I detta försök valde man att ej göra kraftfodren isonutritionella utan istället endast använda sig utav två av de vanligaste biprodukterna i den Österrikiska livsmedelsindustrin

till biproduktsfodret, betfiber och vetekli. Biproduktsfodret gav 18 procent högre dagligt intag av NDF och 73 procent lägre stärkelseintag jämfört med kontrollfodret. Inte heller i detta försök påvisades några signifikanta skillnader i det dagliga ts-intaget eller mjölkproduktionsparametrar mellan de två olika behandlingarna. Författarna valde att göra två olika scenarion vid skattning av eFCR för energi och protein för de två olika foderstaterna. Ett minimiscenario där man antog minsta möjliga andel potentiellt humant livsmedel hos råvarorna och ett maxscenario där man antog högsta möjliga andel potentiellt humant livsmedel. Vid minimiscenariot gav kontrollfodret eFCR på 1,59 för energi och 2,20 för protein, för betfiber och vetekli skattades den minimala andelen potentiellt humant livsmedel till lika med noll och således fanns ingen kvot. Maxscenariot resulterade i eFCR på 1,08 för energi och 1,53 för protein med kontrollfodret respektive 7,29 och 8,05 med betfiber och vetekli.

Tabell 2. Andel grovfoder samt andel potentiellt humant livsmedel (PHL) i procent, beräknade utifrån andelarna för respektive råvara i tabell 1.

|                                 | Andel grovfoder i % | Andel PHL i % |
|---------------------------------|---------------------|---------------|
| “Svensk typfoderstat”*          | 50                  | 25,6          |
| <b><u>Ertl et al., 2015</u></b> |                     |               |
| Kontroll                        | 76,9                | 18,0          |
| Biprodukter                     | 77,3                | 5,74          |
| <b><u>Ertl et al., 2016</u></b> |                     |               |
| Kontroll                        | 74,8                | 18,7          |
| Vetekli och betfiber            | 74,8                | 5,00          |

\*=Andel grovfoder från Eckersten *et al.*, 2015 och kraftfoderrecept (E) från Swensson *et al.*, 2017

#### Mjök på spannmål

Försök har visat att det är möjligt att producera mjök på enbart svenskodlade fodermedel, Spörndly (2017) jämförde en foderstat med vall, spannmål och proteinkoncentrat med utfodring av endast vall och spannmål (36 % korn, 34 % vete och 25 % havre). Resultatet visade att vall, spannmål och proteinkoncentrat gav 7 procent mer mjök (9882 kg ECM/år) än enbart vall och spannmål (9211 kg ECM/år), sett till en laktationsperiod på 305 dagar. Korna som enbart fick vall och spannmål avkastade i medel över hela laktationen 30,2 kg ECM per dag och de åt i medeltal 6,7 kg ts spannmål per dag. Spörndly (2017) räknade även ut mjölkintäkt minus foderkostnad utifrån ett scenario med ekologisk produktion samt konventionell produktion för de två respektive behandlingarna. Kalkylerna visade att utifrån de givna förutsättningarna resulterade enbart vall och spannmål i bättre netto för ekologisk produktion men ej för konventionell.

## Material och metoder – egen studie

### Försöksdesign

Försöket genomfördes på Lantmännen Lantbruks försöksgård Nötcenter Viken AB, Vikens Egendom, Falköping. Försöket godkändes av djurförsöksetiska nämnden i Göteborg (diarienummer 120-2016 ID 000567). Den experimentella designen var en change-over studie och behandlingarna var två olika fullfoderblandningar (TMR). Korna delades upp i 24 par med hänsyn till dagar i laktation, ras och laktationsnummer, sedan fördelades djuren slumpmässigt inom varje par på två behandlingsgrupper, ”med stärkelse” (MS) och ”utan stärkelse” (US).

### Försöksperiod

Förperioden vid insättning i försöksgruppen påbörjades 1 maj 2017 och pågick i fem dagar. Därefter följde två försöksperioder på vardera 21 dagar (P1 och P2), måndag till fredag sista veckan i respektive försöksperiod var mätperiod. Försöket avslutades den 18 juni 2017.

### Komaterial

Fyrtioåtta mjölkande kor ingick i försöket, genomsnittligt antal dagar i laktation (DIM) var  $125 \pm 20$  dagar ( $\pm$ SD) vid första försöksperiodens början den 6 maj 2017. Medelavkastningen innan start av försök var  $38,4 \pm 4,1$  kg ECM. I försöket ingick 18 förstakalvare, 19 andrakalvare, sju tredjekalvare, tre fjärdekalvare och en femtekalvare. 15 av korna var av rasen Svensk röd och vit boskap (SRB), 20 Svensk låglandsboskap (SLB) och 13 korsningar.

En ko drabbades av mastit orsakad av *E. coli* och utgick under förperiodens sista dag, d.v.s. 5 maj 2017 och ersattes av en annan ko. Ytterligare en ko drabbades av mastit (ej *E. coli*) och ersattes 11 maj.

### Ladugården

Korna hölls i en lösdrift med 48 liggbås och 24 utfodringsstationer försedda med transponderstyrda grindar. Korna mjölkades två gånger om dagen i en DeLaval karusell med 24 platser (DeLaval, Tumba). Försöksgruppen mjölkades som grupp två i ladugården både vid morgon- och kvällsmjölknigen. Korna mjölkades mellan ca kl. 05.15-06.15 på morgonen och kl. 16.45-17.45 på kvällen, genomsnittlig väntetid efter framdrivning till uppsamlingsfälla/tid utan foder var ca 60 minuter per mjölkning. (Jonas Jans, djurskötare, Nötcenter Viken AB).

### Hullbedömning och vägning

Under första veckan i period 1 vägdes samtliga kor på en livdjursvåg (BioControl, Rakkestad, Norge) efter mjölkning den 12 maj 2017 och hullbedömdes (Edmonson *et al.*, 1989) av försökstekniker på Viken. Medelvikten vid försökets start var  $673 \pm 69$  kg och medelhull var  $3,1 \pm 0,4$ . Samma försökstekniker hullbedömde även korna under mätvecka 1 respektive 2, d.v.s. den 24 maj och den 16 juni. Under mätvecka 1 och 2 vägdes korna efter mjölkning minst en gång den 24-26 maj respektive 15-16 juni, förutom en ko som ej vägdes alls under mätvecka 2.

## Provmjölknningar

Fyra mjölkprover togs per ko och försöksperiod under tre efterföljande dagar: onsdag kväll, torsdag morgon, torsdag kväll och fredag morgon. Provkopparna var preparerade med fem droppar 10 procent bronopol och proverna förvarades i kylskåp fram till transport mot laboratoriet, proverna fraktades i frigolitlådor med kylklampar till Institutionen för husdjurens utfodring och vård på Ultuna. På laboratoriet förvarades proverna i kylskåp över helgen för att sedan analyseras i ett infrarött Fourier transformatorspektroskop (CombiScope FTIR 300 HP, Delta Instruments B.V., Drachten, the Netherlands) avseende fett, protein, laktos, celltal och spektra på måndagen veckan därpå.

## Utfodring

Fullfodermixen erbjöds *ad libitum* i 24 fodertråg på vågceller med transponderavläsning för insamling av individuell konsumtionsdata (BioControl, Rakkestad, Norge). Trågen tömdes manuellt från föregående dags rester varje morgon och därefter fylldes de på med hjälp av en rälsburen fodervagn. I period 1 innehöll trågen med nummer ett till tolv mixen US och 13 till 24 innehöll mixen MS, i period 2 fick korna behålla ättillstånd till samma tråg som föregående period genom att fodervagnen programmerades om och bytte trågplattor på de två fodren.

## Ensilaget

Ensilage från två olika plansilofack användes till detta försök; förstaskörd skördetidpunkt 25-27 maj 2016 och tredjaskörd slagen 20 augusti 2016. Förstaårsvallarna utgjordes av vallfröblandningen Mira 24 vilken bestod av 15 procent rödklöver, 5 procent vitklöver, 45 procent timotej och 35 procent rörsvingel. Andra- och tredjeårsvallarna bestod av en fröblandning med 18 procent rödklöver, 6 procent vitklöver och 76 procent timotej. ProMyr® NT 570 och ProMyr® XR 680 användes som tillsatsmedel. Ensilageprover från plansilofack 7 (förstaskörd) och plansilofack 4 (tredjaskörd) samlades på transportbanden från respektive inlastningsbord i tre efterföljande dagar under de två periodernas respektive mätvecka.

Tabell 3. Näringsinnehåll och produktionskostnad ensilage förstaskörd och ensilage tredjaskörd, medelvärden  $\pm$  standardavvikelse.

|                                    | Förstaskörd     | Tredjaskörd     |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|
| <b>Torrsubstans %</b>              | 26,9 $\pm$ 0,44 | 33,6 $\pm$ 2,11 |
| <b>Energi, MJ OE/kg ts</b>         | 11,7 $\pm$ 0,13 | 10,9 $\pm$ 0,28 |
| <b>Aska g/kg ts</b>                | 77,0 $\pm$ 1,76 | 81,2 $\pm$ 0,72 |
| <b>Råprotein g/kg ts</b>           | 188 $\pm$ 6,59  | 157 $\pm$ 5,23  |
| <b>NDF g/kg ts</b>                 | 503 $\pm$ 13,7  | 517 $\pm$ 15,9  |
| <b>WSC g/kg ts</b>                 | 1,7 $\pm$ 2,44  | 21,9 $\pm$ 0,73 |
| <b>pH</b>                          | 4,00 $\pm$ 0,05 | 4,20 $\pm$ 0,15 |
| <b>Am-N % av totalt N*</b>         | 6,15 $\pm$ 0,30 | 5,84 $\pm$ 0,25 |
| <b>VFA** g/kg ts</b>               | 11,5 $\pm$ 0,66 | 8,6 $\pm$ 1,48  |
| <b>Produktionskostnad kr/kg ts</b> | 1,35            | 1,35            |

\*= Ammoniumkväve av totalt kväve

\*\*=Flyktiga fettsyror (VFA), Volatile Fatty Acids

## Kraftfodret

Kraftfodren som användes i försöket var båda pelleterade och tillverkade av Lantmännen Lantbruk. Kraftfodret utan stärkelse (US) tillverkades i Västerås och kraftfodret med stärkelse (MS) i Lidköping. Syntetiska, våmskyddade aminosyror LysiPEARL™ (Lysin) och MetaSmart Dry® (Metionin) inkluderades i bägge kraftfoderblandningarna i syfte att göra dem isonutritionella med avseende på mängden absorberbart lysin respektive metionin. Ingående beståndsdelar beskrivs i det följande och ursprung, andel potentiellt livsmedel samt näringsinnehåll sammanfattas i Tabell 4 och 5.

Kraftfodret med stärkelse (MS) innehåller korn av svenskt ursprung. Korn är ett av de vanligaste spannmålslagen i foderstater till svenska lantbruksdjur, 2016 odlades korn på 327 300 hektar i Sverige (Jordbruksverket 2017b).

Bägge kraftfodren innehåller omelasserad betfiber, en pektinrik biprodukt från framställningen av socker ur sockerbetor. I dagsläget importeras vanligen betfibern som används till kraftfoderframställning, främst från norra Europa (pm Christina Nyemad, produktspecialist Nötfor vid Lantmännen Lantbruk). Betfiber från Sveriges sockerbetsodling går åt till produkterna Betfor® och HP-massa® (pm Christina Nyemad, produktspecialist Nötfor vid Lantmännen Lantbruk). År 2016 odlades 30 400 hektar med sockerbetor i Sverige vilket nästan är en halvering jämfört med 1999 då 59 900 hektar odlades (Jordbruksverket 2017b).

ExPro® är en biprodukt från framställningen av rapsolja ur dubbellåga höst- och vårrapssorter (AAK AB, 2016a). Rapsmjölet som återstår efter utvinning av fett med hjälp av pressning och extraktion värmebehandlas i en patenterad process för att erhålla högre andel våmstabil protein (AAK AB, 2017). Tillverkaren AAK AB uppskattar att ExPro® i genomsnitt innehåller 85 procent råvara av svenskt ursprung (pm Anders Holmqvist, Director Feed & Crusher vid AAK AB).

Agrow Drank™ 90 är ett proteinfodermedel från Lantmännen Agroetanol AB i Norrköping som erhålls vid framställning av etanol ur svenskt vete, rågvete och max 10 procent korn (Lantmännen Agroetanol, 2017).

AkoFeed Cattle är ett flytande foderfett som framställs av resterna från produktionen av vegetabiliska oljor till livsmedel och industri hos AAK AB i Karlshamn (AAK AB, 2016b). Fettsyror kommer från raps, solros, soja, palm och shea. Andelen råvara av svenskt ursprung i AkoFeed Cattle bedöms vara 13 procent i form av fettsyror från svenskodlad raps (pm Christina Nyemad, produktspecialist Nötfor vid Lantmännen Lantbruk).

LysiPEARL™ och MetaSmart® Dry är kommersiella syntetiska aminosyror för idisslare. LysiPEARL™ tillverkas i Italien och är syntetiskt lysin som kapslats in genom sprayfrysning. Inkapslingen leder till att produkten blir hanterbar och tålig vid blandning och pelletering samt gör aminosyran våmstabil (Kemin, 2017a). MetaSmart® Dry tillverkas i Frankrike och är en patenterad molekyl av isopropylestern av den hydroxylerade analogen metionin, vilken tillför biotillgängligt, våmstabil metionin i pulverform (Kemin, 2017b).

Vetekliet kommer från svenska kvarnar alternativt från Lantmännen Reppe, där etanol framställs av vete och kliet återstår som en biprodukt. Vetefodermjålet som ingår i US kommer från svenskt vete (pm Christina Nyemad, produktspecialist Nötfor vid Lantmännen Lantbruk).

Melassen i US kommer från Nordic Sugar i Örtofta och kommer från svenska sockerbeter. Kraftfodret MS innehåller melass från norra Europa, vanliga odlingsländer är Holland, Tyskland och Polen. Anledningen till de olika ursprungerna på råvaran melass är att i dagsläget används melass från sockerbruket Örtofta till Lantmännens foderfabriker i Västerås, Åhus, Klintehamn och Kimstad, importerad råvara går till fabrikena i Lidköping, Holmsund och Falkenberg (pm Christina Nyemad, produktspecialist Nötfor vid Lantmännen Lantbruk).

Vitamin- och mineralpremixen tillverkas av Lantmännens foderfabrik i Kimstad. Förutom vitaminer och spårämnen så innehöll försökspremixen 41 procent magnesium och 5,6 procent kalcium. (pm Christina Nyemad, produktspecialist Nötfor vid Lantmännen Lantbruk). Premixen innehöll 7 procent svensk dolomitkalk, resterande innehåll var importerat till största del från Europa men kan även komma från Kina (vitamin E 50) och Ryssland (kopparsulfat) (pm Håkan Nordholm. Product manager Premixes & Mineralfeed vid Lantmännen Lantbruk).

Kalken kommer från Sverige medan saltet huvudsakligen kommer från Danmark och Tyskland (pm Christina Nyemad, produktspecialist Nötfor vid Lantmännen Lantbruk).

Kraftfoderprover samlades direkt från utmatningsskruven från silo 13 (US) respektive silo 9 (MS) tre dagar i sträck under mätveckan i period 1 och 2.

Tabell 4. *Ingredienserna i kraftfodret utan stärkelse (US) och kraftfodret med stärkelse (MS) samt råvarornas procent potentiellt humant livsmedel (PHL) och procent råvaror av svenskt ursprung (SVE).*

| <b>Ingrediens (% ts)</b>        | <b>US</b> | <b>MS</b> | <b>PHL</b> | <b>SVE</b>  |
|---------------------------------|-----------|-----------|------------|-------------|
| <b>Korn</b>                     | 0,00      | 38,8      | 80         | 100         |
| <b>Omelasserad betfiber</b>     | 56,6      | 21,6      | 20         | 0           |
| <b>ExPro</b>                    | 7,00      | 15,4      | 20         | 85          |
| <b>Vetekli</b>                  | 12,0      | 15,0      | 20         | 100         |
| <b>Vetefodermjöl</b>            | 10,0      | 0,00      | 20         | 100         |
| <b>Melass, bet</b>              | 2,21      | 2,00      | 20         | US 100/MS 0 |
| <b>Agrow Drank 90</b>           | 7,00      | 2,00      | 20         | 100         |
| <b>AkoFeed Cattle</b>           | 2,50      | 1,81      | 80         | 13          |
| <b>Kalk</b>                     | 0,74      | 1,40      | 0          | 100         |
| <b>Stensalt</b>                 | 1,07      | 1,16      | 0          | 0           |
| <b>LysiPEARL (Lysin)</b>        | 0,50      | 0,45      | 0          | 0           |
| <b>Mineraler och vitaminer</b>  | 0,20      | 0,20      | 0          | 7           |
| <b>MetaSmart Dry (Metionin)</b> | 0,19      | 0,14      | 0          | 0           |
| <b>TOTALT</b>                   | 100       | 100       | -          | -           |

Tabell 5. Näringsinnehåll, innehåll av potentiellt humant livsmedel (PHL) och råvaror av svenskt ursprung samt råvarukostnad för biproduktkraftfoder utan stärkelse (US) samt biproduktkraftfoder med stärkelse (MS), medelvärden  $\pm$  standardavvikelse.

|                                | US             | MS             |
|--------------------------------|----------------|----------------|
| <b>Torrsubstans %</b>          | 87,7 $\pm$ 0,4 | 87,0 $\pm$ 0,1 |
| <b>Energi, OE MJ/kg ts</b>     | 12,3           | 12,5           |
| <b>Aska g/kg ts</b>            | 63,3 $\pm$ 2,5 | 69,7 $\pm$ 1,7 |
| <b>Råprotein g/kg ts</b>       | 151 $\pm$ 6    | 161 $\pm$ 2    |
| <b>NDF g/kg ts</b>             | 362 $\pm$ 10   | 251 $\pm$ 14   |
| <b>Stärkelse g/kg ts</b>       | 51,6 $\pm$ 5,2 | 264 $\pm$ 2    |
| <b>Fett g/kg ts</b>            | 21,1 $\pm$ 0,8 | 45,8 $\pm$ 3   |
| <b>PHL g/kg ts</b>             | 210            | 437            |
| <b>Svenska råvaror g/kg ts</b> | 386            | 705            |
| <b>Råvarukostnad kr/kg ts</b>  | 2,38           | 2,14           |

Fullfoderblandningarna

För att erhålla proportionerna 50 procent kraftfoder, 12,5 procent ensilage förstaskörd och 37,5 procent ensilage tredjeskörd baserat på ts så togs med jämna mellanrum prov på ensilaget för ts-bestämning. Utöver kraftfoder och ensilage så tillsattes salt och mineralfodret Nötfor Effekt Optimal.

Tabell 6. Sammanställning av medelvärden för näringsinnehåll per kg ts i fullfoderblandningen biprodukt utan stärkelse (US).

|                       | Andel    | OE (MJ/kg ts) | Råprotein (g/kg ts) | NDF (g/kg ts) | Stärkelse (g/kg ts) |
|-----------------------|----------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|
| <b>Kraftfoder US</b>  | 0,50     | 12,3          | 151                 | 362           | 51,6                |
| <b>Ensilage 1:a</b>   | 0,125    | 11,7          | 188                 | 503           | 0                   |
| <b>Ensilage 3:dje</b> | 0,375    | 10,9          | 157                 | 517           | 0                   |
| <b>TOTALT</b>         | <b>1</b> | <b>11,7</b>   | <b>158</b>          | <b>437</b>    | <b>25,8</b>         |



Tabell 7. Sammanställning av medelvärden för näringsinnehåll per kg ts i fullfoderblandningen biprodukt med stärkelse (MS).

|                       | Andel    | OE (MJ/kg<br>ts) | Råprotein<br>(g/kg ts) | NDF (g/kg<br>ts) | Stärkelse<br>(g/kg ts) |
|-----------------------|----------|------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| <b>Kraftfoder MS</b>  | 0,50     | 12,5             | 161                    | 251              | 264                    |
| <b>Ensilage 1:a</b>   | 0,125    | 11,7             | 188                    | 503              | 0                      |
| <b>Ensilage 3:dje</b> | 0,375    | 10,9             | 157                    | 517              | 0                      |
| <b>TOTALT</b>         | <b>1</b> | <b>11,8</b>      | <b>163</b>             | <b>382</b>       | <b>132</b>             |

#### Kemiska analyser

Alla analyser utfördes av laboratoriet vid institutionen för husdjurens utfodring och vård på Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Ensilagets torrsubstansinnehåll bestämdes genom förtorkning i 60°C över natt följt av torkning i 103°C över natt som beskrivet av Åkerlind *et al.* (2011). Kraftfodrens torrsubstansinnehåll bestämdes genom torkning över natt i 103°C.

Både kraft- och grovfoders askhalt bestämdes efter vistelse i brännugn på 550°C i tre timmar. Alla fodermedel analyserades även för aska olöslig i syra (AIA) efter metod av Van Keulen och Young (1977). Fodrens innehåll av råprotein bestämdes med hjälp av automatiserad Kjeldahl-metod (Foss, Hillerød, Danmark) och eterextrakt analyserades i enlighet med Kommissionsdirektivet 98/64/EC; Europeiska Unionen (1998). Innehåll av stärkelse (maltodextrin inkluderat) i kraftfoder bestämdes enligt Larsson och Bengtsson (1983).

Neutral detergent fiber (NDF) enligt Chai och Udén (1998) bestämdes för både ensilage och kraftfoder, ensilaget analyserades även för innehåll av vattenlösliga kolhydrater (WSC) enligt Larsson och Bengtsson (1983). Ensilageproverna pressades och från pressvattnet bestämdes pH, ammoniumkväve, flyktiga fettsyror (VFA) och etanol. Metoden som användes för att få fram ammoniumkväve beskrevs av Broderick och Kang (1980), VFA och etanol bestämdes i enlighet med Ericson och André (2010). Kraftfodrens innehåll av omsättbar energi beräknades med hjälp av tabellvärden från Jordbruksverket (SJVFS 2011:40, Saknr. M 39, 2011). Ensilagets energiinnehåll angivet i MJ omsättbar energi skattades med hjälp av 96-timmars våmvätskelöslig organisk substans (VOS) som beskriven av Åkerlind *et al.* (2011):

$$OE [MJ/kg OM] = 0,160 * VOS [\%] - 1,91$$

Träckprover togs på alla kor under tre efterföljande dagar under försöksveckan i respektive provperiod. Träckproverna tinades, blandades och slogs ihop till ett samlingsprov per ko och period. Därefter förvarades träcken i -20 °C över natt och flyttades därefter till -80 °C i väntan på frystorkning, malning och analys av aska och AIA enligt Van Keulen och Young (1977). Den organiska substansens skenbara smältbarhet beräknades från skattat intag från foder och exkretion via träck av organisk substans (OM) som  $(OM_{\text{foder}} - OM_{\text{träck}}) / OM_{\text{foder}}$ . Den totala mängden träck skattades utifrån det totala intaget av AIA och innehållet av AIA i träcken. Beräkningen baserades

på träckprover tagna en gång dagligen under tre efterföljande dagar och intagsdata från fem dagar i följd.

Mjölksproverna analyserades med avseende på sammansättning av fett, protein och laktos i ett infrarött Fourier transformatorspektroskop (CombiScope FTIR 300 HP, Delta Instruments B.V., Drachten, the Netherlands). Energikorrigerad mjölk (ECM) beräknades utifrån mjölkens innehåll av fett, protein och laktos (Sjaunja *et al.*, 1990).

Statistisk analys

Statistikprogrammet Statistical Analysis Systems (SAS) version 9.4 användes för att utföra de statistiska analyserna.

Data för foderintag och mjölkavkastning summerades som medelvärden per ko och försöksperiod baserade på fem dagars mätperiod. Medelvärden för kg fett, kg protein, kg laktos och kg energikorrigerad mjölk (ECM) baserades på mjölkprover från fyra efterföljande mjölkningar och mjölmängd från respektive mjölkning. Alla variabler analyserades med SAS PROC MIXED i syfte att klargöra de faktorer som influerade responsvariablerna (Y). Djurnummer, ras (SRB, SLB eller korsning), period, ordningsföljd, laktationsnummer (förstakalvare eller äldre kor) och behandling var de klassvariabler som inkluderades i modellen. Djurnummer(ordningsföljd) definierades som slumpmässig variabel ("RANDOM"). Modellen infördes i SAS enligt följande:

```
PROC MIXED DATA = kor;
```

```
CLASS ras period behandling djurnummer laktationsnummer ordningsföljd;
```

```
MODEL Y= ordningsföljd behandling period laktationsnummer ras ordningsföljd*ras  
ordningsföljd*laktationsnummer behandling*ras behandling*laktationsnummer period*ras  
period*laktationsnummer ras*laktationsnummer;
```

```
RANDOM djurnummer(ordningsföljd);
```

```
LSMEANS behandling period laktationsnummer behandling*laktationsnummer/ DIFF  
ADJUST=TUKEY;
```

```
RUN;
```

Interaktionerna ordningsföljd\*behandling, ordningsföljd\*period och behandling\*period ingick i modellen från början men SAS kunde ej estimeras dessa parametrar så de exkluderades ur modellen. Övriga möjliga samspel testades i första körningen för respektive responsvariabel, men ras och interaktioner exkluderades till körning två om signifikans ej påvisades ( $P < 0,05$ ).  $P < 0,05$  klassades som enstjärnig signifikansnivå (\*),  $P < 0,01$  som tvåstjärnig signifikansnivå (\*\*) och  $P < 0,001$  som trestjärnig signifikansnivå (\*\*\*)

## Uträkningar

Andelen potentiellt humant livsmedel beräknades för båda fullfoderblandningarna utifrån proportionerna för respektive råvara som anges enligt Wilkinson (2011) i tabell 4. Foderfettet och de syntetiska aminosyrorna saknade lämplig kategori i Wilkinson (2011). AkoFeed Cattle skattades ha en humant ätlig andel på 0,8. LysiPEARL™ och MetaSmart® Dry beräknades sakna användning som humant livsmedel i dagsläget.

Utifrån råvarornas ursprungsland beräknades andelen svensk råvara (tabell 4) respektive andelen importerad råvara (till största del från övriga EU) för kraftfodren US och MS. Uträkningarna är endast uppskattningar eftersom exakt andel svensk respektive importerad råvara kan skilja sig över tid hos leverantörerna.

Det ekonomiska måttet mjölkvärde minus foder beräknades utifrån Arlas a contopris (3,696 kr/kg) november 2017 (Arla, 2017), varje individuell kos medelvärden för daglig mjölkavkastning i kg ECM och dagligt torrsubstansintag vid respektive behandling samt foderpriser från tabell 3 respektive 5 i följande formel:

$$\text{Arlas a contopris} * \text{ECM (kg)} - (\text{torrsubstansintag (kg)} * 0,5 * \text{produktionskostnad ensilage}) + (\text{torrsubstansintag (kg)} * 0,5 * \text{råvarukostnad kraftfoder})$$

## Resultat

### Foder

Vid utfodring av MS hade korna signifikant högre torrsubstansintag. De konsumerade även signifikant större mängd organisk substans, råprotein, fett, stärkelse, flyktiga fettsyror och energi jämfört med vid utfodring av US. US gav ett signifikant högre intag av NDF per ko och dag och fodereffektiviteten beräknat som kg ECM/kg DMI var signifikant lägre vid utfodring av MS. Det fanns ingen signifikant skillnad i intaget av vattenlösliga kolhydrater mellan behandlingarna. Resultatet av organiska substansens smältbarhet tyder på en tendens ( $P = 0,056$ ) till högre smältbarhet hos MS. En sammanställning av resultaten för foderintag, smältbarhet och fodereffektivitet redovisas i tabell 8.

Tabell 8. Minstakvadratmedelvärden, medelfel (SEM) och P-värden för dagliga intag av torrsubstans (DMI), organiskt material (OM), råprotein (RP), fett, neutralt löslig fiber (NDF), stärkelse, vattenlösliga kolhydrater (WSC), flyktiga fettsyror (VFA) och omsättbar energi (MJ OE) samt smältbarhet av organiskt substans (OMD) och fodereffektivitet (ECM/DMI) för biproduktkraftfoder utan stärkelse (US) samt biproduktkraftfoder med stärkelse (MS).

|                       | US    | MS    | SEM   | P-värde | Signifikansnivå |
|-----------------------|-------|-------|-------|---------|-----------------|
| <b>DMI (kg)</b>       | 20,8  | 22,4  | 0,380 | <0,001  | ***             |
| <b>OM (kg)</b>        | 19,3  | 20,7  | 0,352 | <0,001  | ***             |
| <b>RP (kg)</b>        | 3,29  | 3,65  | 0,060 | <0,001  | ***             |
| <b>Fett (kg)</b>      | 0,218 | 0,513 | 0,007 | <0,001  | ***             |
| <b>NDF (kg)</b>       | 9,09  | 8,55  | 0,156 | 0,001   | **              |
| <b>Stärkelse (kg)</b> | 0,536 | 2,96  | 0,037 | <0,001  | ***             |
| <b>WSC (kg)</b>       | 0,236 | 0,240 | 0,004 | 0,30    | Ej sign.        |
| <b>VFA (kg)</b>       | 0,097 | 0,104 | 0,002 | <0,001  | ***             |
| <b>OE (MJ)</b>        | 254   | 275   | 4,65  | <0,001  | ***             |
| <b>OMD</b>            | 0,710 | 0,719 | 0,004 | 0,06    | Ej sign.        |
| <b>ECM/DMI (kg)</b>   | 1,60  | 1,51  | 0,03  | 0,03    | *               |

\*=P<0,05 \*\*=P<0,01 \*\*\*=P<0,001

## Mjök

Skillnader mellan behandlingarna påvisades för både kg mjök och kg ECM, MS gav signifikant högre avkastning av kg mjök och kg ECM. Proteinhalten i mjölken ökade signifikant vid utfodring av MS i jämförelse med US och likaså var avkastningen i kg protein per dag signifikant högre. MS gav även signifikant högre avkastning av kg laktos jämfört med US. Inga signifikanta skillnader mellan behandlingarna påvisades för procent fett och avkastning i kg fett per dag eller procent laktos.

En interaktion mellan behandling och laktationsnummer för procent laktos påvisades med en övergripande signifikans där  $P = 0,044$ . Förstakalvare utfodrade med US hade signifikant högre procent laktos i mjölken ( $4,49 \pm 0,02$  procent), jämfört med äldre kor utfodrade med US ( $4,41 \pm 0,02$  procent,  $P=0,019$ ) och MS ( $4,42 \pm 0,02$  procent,  $P=0,046$ ). Tabell 9 innehåller en sammanställning av mjökdata.

Tabell 9. Minstakvadratmedelvärden, medelfel (SEM), P-värden och signifikansnivå för daglig avkastning av energikorrigerad mjölk (ECM), kg mjölk, fett, protein och laktos samt halter av fett, protein och laktos för biproduktkraftfoder utan stärkelse (US) samt biproduktkraftfoder med stärkelse (MS).

|                     | US   | MS   | SEM  | P-värde | Signifikansnivå |
|---------------------|------|------|------|---------|-----------------|
| <b>ECM (kg)</b>     | 32,8 | 33,5 | 0,45 | 0,005   | **              |
| <b>Mjölk (kg)</b>   | 32,6 | 33,3 | 0,43 | <0,001  | ***             |
| <b>Fett (kg)</b>    | 1,35 | 1,38 | 0,02 | 0,14    | Ej sign.        |
| <b>Protein (kg)</b> | 1,08 | 1,12 | 0,02 | <0,001  | ***             |
| <b>Laktos (kg)</b>  | 1,45 | 1,49 | 0,02 | <0,001  | ***             |
| <b>Fett (%)</b>     | 4,16 | 4,15 | 0,07 | 0,82    | Ej sign.        |
| <b>Protein (%)</b>  | 3,32 | 3,35 | 0,04 | 0,01    | *               |
| <b>Laktos (%)</b>   | 4,45 | 4,44 | 0,02 | 0,49    | Ej sign.        |

\*=P<0,05 \*\*=P<0,01 \*\*\*=P<0,001

#### Hull och kroppsvikt

Inga signifikanta skillnader i hull och kroppsvikt eller förändringar i hull och kroppsvikt påvisades mellan behandlingarna. En interaktion mellan behandling och laktationsnummer för förändring av kroppsvikt påvisades med en övergripande statistisk signifikans på 0,025. Förstakalvare utfodrade med US tappade 7,95±4,58 kg kroppsvikt och vid utfodring av MS ökade förstakalvarna sin kroppsvikt med 5,76±4,58 kg (P=0,040). Sammanställda resultat för hull och kroppsvikt redovisas i tabell 10.

Tabell 10. Minstakvadratmedelvärden, medelfel (SEM) och P-värden för kroppsvikt (BW), förändring av kroppsvikt, hullbedömning (BCS) och förändring av hull för biproduktkraftfoder utan stärkelse (US) samt biproduktkraftfoder med stärkelse (MS).

|                           | US    | MS    | SEM  | P-värde | Signifikansnivå |
|---------------------------|-------|-------|------|---------|-----------------|
| <b>BW (kg)</b>            | 663   | 667   | 9,04 | 0,20    | Ej sign.        |
| <b>BW förändring (kg)</b> | -3,17 | 0,97  | 2,92 | 0,32    | Ej sign.        |
| <b>BCS</b>                | 3,11  | 3,07  | 0,07 | 0,26    | Ej sign.        |
| <b>BCS förändring</b>     | -0,01 | -0,05 | 0,04 | 0,55    | Ej sign.        |

\*=P<0,05 \*\*=P<0,01 \*\*\*=P<0,001

#### Andel potentiellt humant livsmedel

Andelen potentiellt humant livsmedel beräknades till 10,5 procent i fullfoderblandningen US. Motsvarande siffra för fullfoderblandningen MS var 21,8 procent. MS innehöll signifikant högre andel potentiellt humant livsmedel än US, se tabell 11.

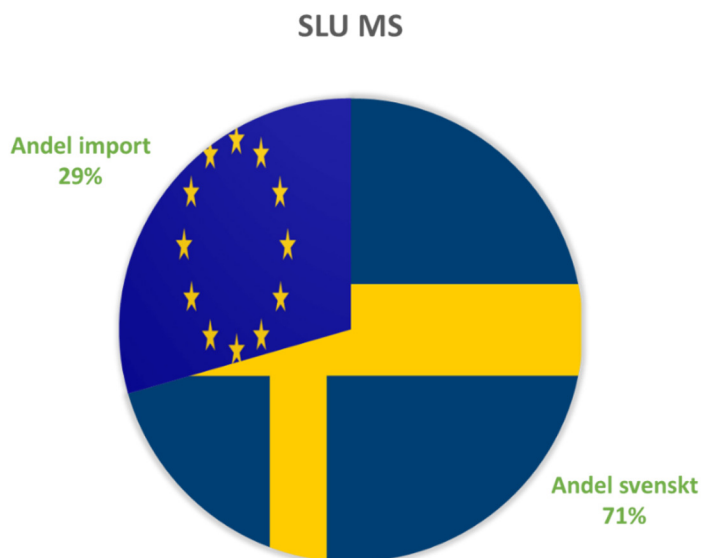
## Självförsörjningsgrad

Figur 1 visar andelen svenska respektive importerade ingredienser i US och figur 2 visar andelen svenska respektive importerade ingredienser i MS. MS innehöll signifikant högre andel svenska råvaror än US, se tabell 11.

Figur 1. Andel svensk råvara respektive andel råvara importerad från Europa i biproduktkraftfodret utan stärkelse.



Figur 2. Andel svensk råvara respektive andel råvara importerad från Europa i biproduktkraftfodret med stärkelse.



## Ekonomi

Utfodring av MS genererade högre mjölkavkastning än vad som erhöles vid utfodring av US (tabell 9). Korna konsumerade även mer foder vid utfodring av MS (tabell 8), vid beräkning av varje kos individuella resultat för mjölk minus foder vid respektive behandling erhöles signifikant högre netto vid utfodring av MS. Mjölk minus foder var 84,74 kr per ko och dag för MS respektive 82,27 kr för US (tabell 11). Det ger en differens på 2,46 kr mer över per ko och dag med MS jämfört med US.

Tabell 11. *Minstakvadratmedelvärden, medelfel (SEM) och P-värden för dagligt intag av potentiellt humant livsmedel (PHL) och råvaror av svenskt ursprung (SVE) samt netto för mjölk minus foder för biproduktkraftfoder utan stärkelse (US) samt biproduktkraftfoder med stärkelse (MS).*

|                       | US    | MS    | SEM  | P-värde | Signifikansnivå |
|-----------------------|-------|-------|------|---------|-----------------|
| <b>Intag PHL (kg)</b> | 2,18  | 4,89  | 0,07 | <0,001  | ***             |
| <b>Intag SVE (kg)</b> | 4,01  | 7,09  | 0,11 | <0,001  | ***             |
| <b>Netto (kr)</b>     | 82,27 | 84,74 | 1,46 | 0,05    | *               |

## Diskussion

### Foder

Till skillnad från Ertl *et al.* (2016), Dann *et al.* (2014) samt Beckman och Weiss (2005) så påvisades signifikanta skillnader i torrsbstansintaget mellan de olika behandlingarna US och MS (tabell 8). I den aktuella studien gav MS 1,6 kg ts högre konsumtion, vilket var en signifikant ökning av torrsbstansintaget jämfört med US. US innehöll mer NDF, konsumtionsmaximum för NDF är ca 1,5 procent av kroppsvikten (Gustafsson, 1989 & Nycander, 1989) vilket i detta fall motsvarar 9,9 kg NDF. Vid utfodring av US konsumerades i medeltal 9,1 kg NDF, varvid det kan resoneras kring om foderblandningens NDF-innehåll var det som gav ett lägre dagligt intag för US. Voelker och Allen (2003) erhöles dock en linjär minskning av torrsbstansintaget vid ökad andel betfiber även om dagliga NDF-intaget i genomsnitt var 6,9 kg vid den högsta betfiberinblandningen. Voelker och Allen (2003) föreslog att betfibers större vattenhållande förmåga i jämförelse med spannmål förklarade ökningen av våminnehållets vattenhalt. Detta i sin tur stimulerade våmväggens sträckreceptorer, vilket signalerade mättnad och resulterade i ett lägre torrsbstansintag.

Det signifikant högre intaget av råprotein, fett och stärkelse som sågs vid utfodring av MS var ett resultat av att kraftfodret innehöll mer av dessa näringsämnen (tabell 5) samt det ökade foderintaget som uppnåddes vid utfodring av MS (tabell 8). MS var även energitätare än US och i kombination med ett högre foderintag var det dagliga energiintaget signifikant högre för korna som åt MS. Kraftfodren utformades ursprungligen för att ha likvärdigt fetthinnehåll, 5,9 procent i US respektive 5,3 procent i MS, men i slutändan erhöles en fetthalt på 2,1 procent i US respektive 4,6 procent i MS. Således blev skillnaden i dagligt fettintag betydligt större än vad som eftersträvades och detta var också en del i förklaringen till det högre energiintaget som erhöles med MS.

Varken Ertl *et al.* (2016) eller Dann *et al.* (2014) kunde se signifikanta skillnader i fodereffektivitet mellan behandlingarna till skillnad från detta försök som påvisade signifikant högre fodereffektivitet med US. Ferraretto *et al.* (2011) påvisade signifikant ökad fodereffektivitet vid normal stärkelsehalt jämfört med reducerad stärkelsehalt, vilket går helt emot resultatet från denna studie, där US gav högre fodereffektivitet (tabell 8). Något som är värt att ta i beaktande vid jämförelse är att Ferraretto *et al.* (2011) utfodrade fullfoderblandningar som gav ett dagligt stärkelseintag på 6,9 kg (normal stärkelsehalt) respektive 6,1 kg (reducerad stärkelsehalt). Det innebär att Ferraretto *et al.* (2011) både utfodrade högre nivå stärkelse och hade mindre skillnader i stärkelseintag mellan behandlingarna än vad som uppnåddes i denna studie, där korna hade ett dagligt intag på 0,5 kg stärkelse för US och 3,0 kg för MS.

Hypotetiskt sett skulle den ökade fodereffektiviteten kunna bero på att det högre intaget av NDF i kombination med det lägre totala foderintaget som uppnåddes vid utfodring av US gav en lägre passagehastighet. Fiber har längre uppehållstid i våmmen eftersom det tar längre tid för mikroorganismerna att bryta ner det till tillräckligt små partiklar för att det ska kunna passera ut genom våmöppningen. Stärkelse däremot fermenteras snabbt och de små partiklarna tillåts passera vidare i digestionskanalen efter en kortare vistelse i våmmen. Ett högt intag av näringstät foder leder till högre passagehastighet och det är möjligt att det kan leda till lägre nyttjandegrad än vad som uppnås när fodret har vistats i våmmen tillräckligt lång tid (Sjaastad *et al.*, 2012).

## Mjök

Flertalet tidigare utförda studier har visat att hela eller delar av spannmålsfraktionen till kor i olika laktationsstadium har kunnat bytas ut mot biprodukter utan att mjölkavkastningen har påverkats (Karlsson *et al.*, 2016; Ertl *et al.*, 2016; Ertl *et al.*, 2015; Dann *et al.*, 2014; Beckman och Weiss, 2005; Voelker och Allen, 2003). Varför signifikant högre avkastning i kg mjök och kg ECM kunde påvisas vid utfodring med MS i jämförelse med US i detta försök men ej i de tidigare försöken kan bero på att antalet djur i denna studie gav tillräckligt underlag för att uppnå statistisk säkerhet. Ertl *et al.* (2016) till exempel hade 20 kor i change-over-försök. Beckman och Weiss (2005) hade endast tre djur i vardera av de tre behandlingsgrupperna. Även andelen kraftfoder i försöksfoderstaterna skiljde mellan försöken, det kan tänkas att ju högre andel av foderstaten som består av kraftfodret (som utgör skillnaden mellan behandlingarna), desto större inflytande har det på resultatet. I detta försök användes en kraftfoderandel om 50 procent, jämfört med Ertl *et al.* (2016) som endast gav 25 procent kraftfoder. Voelker och Allen (2003) gav 60 procent kraftfoder och 40 procent grovfoder utan att påvisa signifikanta skillnader i mjölkavkastning. Å andra sidan utfodrade Voelker och Allen (2003) 20,1 procent majsensilage i alla sina försöksfoderstater, vilket innehöll 0,29 kg stärkelse per kg ts och på så vis gjorde att skillnaderna i stärkelsehalt mellan behandlingarna blev mindre samt att grundnivån av stärkelse blev högre. Det högre foderintaget vid utfodring av MS gav hypotetiskt sett potentiellt substrat till syntetisering av fler kg mjök. Det är troligt att korna som utfodrades med US var begränsade i sitt foderintag och ej kunde avkasta mer, trots att de hade högre fodereffektivitet (tabell 8).

I det aktuella försöket påvisades signifikant högre procent protein och kg protein per dag i mjölken vid utfodring av MS jämfört med US (tabell 9). Detta resultat skiljer sig från flera tidigare studier, där man ej har påvisat signifikanta skillnader i varken procent protein i mjölken eller avkastning



av kg protein per dag (Ertl *et al.*, 2016; Ertl *et al.*, 2015; Dann *et al.*, 2014; Beckman och Weiss, 2005; Voelker och Allen, 2003). Ferraretto *et al.* (2011) däremot såg signifikant högre procent protein i mjölken och kg protein per dag vid normal stärkelsehalt i jämförelse med reducerad stärkelsehalt. Oba och Allen (2003) påvisade högre nyttjandegrad för våmlösligt protein och lägre ammoniakkoncentration i våmmen vid höga stärkelsegivor jämfört med lägre stärkelsegivor. Lägre stärkelseintag kan ha resulterat i för högt värde för proteinbalans i våmmen (PBV) på grund av att en för liten mängd lösliga kolhydrater fanns tillgänglig i förhållande till mängden våmlösligt protein. För lite tillgänglig energi från lösliga kolhydrater kan ha resulterat i lägre syntetisering av mikrobiellt protein i våmmen (Oba och Allen, 2003) och således erhöles sannolikt en mindre mängd aminosyror absorberade i tunntarmen (AAT).

Försökskraftfodren innehöll 15,4 (MS) respektive 7,0 procent (US) ExPro® (tabell 4). ExPro® utmärker sig som foderråvara då det har hög andel våmstabil protein och innehåller omkring 221 g AAT per kg ts (AAK AB, 2016a), den högre andelen ExPro® i MS kan ha bidragit till bättre proteinförsörjning. Rius *et al.* (2010) visade att mjölkkor som fick stärkelse placerat i löpmagen via våmfistel hade högre mjölkproduktion och avkastning i kg protein per dag. Stärkelse som spjälkades och resorberades efter våmmen gav högre nivåer av insulin och insulinliknande tillväxtfaktor-1 (IGF-1), vilket antogs ligga till grund för den ökade syntetiseringen av mjölkprotein (Rius *et al.*, 2010). En lägre stärkelsegiva i foderstaten skulle hypotetiskt sett kunna leda till att mindre stärkelse lyckas undkomma fermentering i våmmen och på så vis ej initierar ökad proteinsyntes via insulin och (IGF-1), vilket skulle kunna förklara den högre proteinavkastningen som erhöles vid utfodring av MS.

#### Hull och kroppsvikt

Variabler för hull och kroppsvikt skiljde sig ej åt mellan de två behandlingarna i detta försök. Skillnader i kroppsviktförändring kunde ej påvisas av varken Dann *et al.* (2014), Ferraretto *et al.* (2011), Beckman och Weiss (2005) eller Voelker och Allen (2003). Dann *et al.* (2014) och Ferraretto *et al.* (2011) såg inga samband mellan behandling och förändring av hull, Voelker och Allen (2003) antydde en linjär tendens ( $P=0,06$ ) till negativ förändring av hullet i takt med ökande betfibrerandel i foderstaterna, vars fysiologiska orsak ej kunde fastställas. Interaktionen mellan behandling och laktationsnummer är intressant eftersom förstakalvare gick ner i vikt när de utfodrades US och ökade i vikt när de utfodrades MS. Det kan förväntas att förstakalvare borde öka i vikt under sin första laktation eftersom de fortfarande växer. Hullbedömningspoäng för förstakalvare på US var 3,19 och förändringen var +0,028 respektive 3,17 för MS och förändring -0,028 (data visas ej). Dessa värden var ej signifikanta men antydde på att skillnaderna i viktförändring berodde på förändringar i tillväxt snarare än i hull.

#### Andel potentiellt humant livsmedel

Andelen potentiellt humant livsmedel i US (10,5 procent) var mindre än hälften av det som fanns i MS (21,8 procent). Jämfört med en svensk typfoderstat (tabell 2) så hade både US och MS lägre andel potentiellt humant livsmedel. Vid jämförelse med resultaten för Ertl *et al.* (2015) och Ertl *et al.* (2016) i tabell 2 ser man att den svenska typfoderstaten, US och MS innehåller betydande högre andelar potentiellt humant livsmedel. Vid en noggrannare jämförelse syns att andelen grovfoder skiljer sig markant mellan de olika foderstaterna. Eftersom grovfoder ej anses ha en potentiellt

humant ätlig andel så blir den totala andelen i foderstaten lägre ju mer grovfoder den innehåller. Skulle US och MS utgjort 25 procent av fullfoderblandningen istället för 50 procent hade US fått en PHL-andel om 5,24 procent och MS 10,9 procent. Då hamnar US ungefär i nivå med biproduktsfodret i Ertl *et al.* (2015) och kraftfodret med enbart betfiber och vetekli i Ertl *et al.* (2016). MS däremot skulle i så fall hamna betydligt lägre än kontrollfodren i både Ertl *et al.* (2015) och Ertl *et al.* (2016).

Faktorer att ta hänsyn till är att det kan uppstå en målkonflikt mellan andel icke potentiellt humant livsmedel och mjölkavkastning per ko. Ertl *et al.* (2016) nämner att deras försök är utfört med kor som har passerat topplaktation och att det kan vara på grund av dessa kors lägre avkastningsnivå som inga skillnader mellan behandlingarna sågs. I det aktuella försöket användes också kor i mittlaktation, men signifikanta skillnader kunde påvisas mellan behandlingarna US och MS i vilket fall, kanske beroende på den högre andelen kraftfoder och att korna var högavkastande. Den högre andelen kraftfoder ger en högre andel PHL men bidrar också till att möjliggöra en högre mjölkavkastning per ko. Ertl *et al.* (2016) diskuterar kring att högre andel fiberrika biprodukter skulle kunna resultera i lägre mjölkproduktion per ko och således spä på kritikernas åsikter om att mjölkproduktion är resursineffektivt. En hög mjölkavkastning per ko anses ge lägre klimatpåverkan per kg mjölk (Jordbruksverket, 2015), varvid det gäller att hitta en balans mellan andelen biprodukter och bibehållen mjölkavkastning för att hållbarheten från den aspekten inte ska äventyras.

#### Självförsörjningsgrad

MS innehöll 32 procent högre andel svenska råvaror än US, troligen beroende på att MS baserades på svenskt korn och US på importerad betfiber. Importen gör oss särskilt utsatta för påverkan av händelser utanför våra gränser så som konflikter mellan länder, missväxt och transportproblem (Eckersten *et al.*, 2015). Genom att ha en högre självförsörjningsgrad när det gäller fodermedel säkras vi även självförsörjningsgraden av livsmedel i större utsträckning.

Det finns redan koncept på den svenska marknaden där mjölkkor utfodras endast med råvaror från Europa och på så vis undviks långväga råvaror odlade under tveksamma förhållanden så som sojaböna och oljepalm. Både US och MS skulle platsa in i denna kategori av europeiska konceptfoder om AkoFeed Cattle ersätts av europeisk fettråvara eller om ingående fetter i AkoFeed Cattle skulle begränsas till europeiska källor. I och med det ökande intresset för svenskproducerade livsmedel så vore det intressant att ta detta ett steg längre och erbjuda konsumenterna svensk mjölk producerad på svenskt foder.

Korna som enbart fick vall och spannmål i Spörndly (2017) avkastade i medel över hela laktationen 30,2 kg ECM per dag, vilket är 3,3 kg lägre än vad MS gav som medelavkastning i mittlaktation i detta försök. Korna som åt MS fick i genomsnitt i sig 11,2 kg ts kraftfoder per dag, korna som enbart åt vall och spannmål (Spörndly, 2017) åt i medeltal 6,7 kg ts spannmål per dag. Spannmålen verkar således ha en hög potential som fodermedel, men för att bibehålla/erhålla en högre avkastning kan det tänkas att spannmålen behöver kompletteras med ytterligare råvaror, särskilt i tidig laktation. Den svenska spannmålen har i detta försök visat sig utgöra en bra grund i kraftfoder till mjölkkor, men det är fortfarande en lång väg att gå för att få fram ett kommersiellt kraftfoder

som är gjort på uteslutande svenska råvaror. Alternativt tillverka proteinkoncentrat med enbart svenska råvaror som sedan kan kompletteras med gårdens egen spannmål. Ett inhemskt fodermedel som härstammar från svensk spannmål och tillför protein är Agrow Drank™ 90, vilket förekom i bägge försöksfodren. För att göra det möjligt måste alla aktörer sträva åt samma håll och samarbeta i alla led, men i slutändan kommer det an på hur mycket konsumenten anser att detta mervärde är värt att betala för.

## Ekonomi

Vid beräkning av ekonomiska data är det viktigt att ta i beaktande att marknadens svängningar i råvaruvärden för insatsvaror (foder) respektive producerad vara (mjölk) är det som avgör vad som är mest ekonomiskt vid ett givet ögonblick. I detta fall var MS det mest lönsamma fodret, även om korna konsumerade fler kg per dag än med US så räckte ökningen i mjölkavkastning för att väga upp den ökade foderkostnaden. Dessutom var råvarukostnaden för MS lägre än för US, vilket givetvis också påverkar lönsamheten. Uträkningen med de aktuella förutsättningarna i detta försök som gav en differens på 2,46 kr mer över per ko och dag med MS jämfört med US. Gårdens förutsättningar och världsmarknadens prisnivåer blir tillslut det som bestämmer vad som är mest lönsamt i dagsläget.

## Slutsatser

Den svenska spannmålen försvarade sin plats i svenska mjölkfoderstater väl. MS gav signifikant högre dagligt foderintag samt avkastning mätt i kg mjölk, kg ECM, kg laktos, kg protein och högre procent protein i mjölken. US resulterade i högre fodereffektivitet men gav ett lägre ekonomiskt netto i denna studie. Självförsörjningsgraden och andelen potentiellt humant livsmedel blev högre med MS, vilket är i enlighet med hypotesen. Fokus hos fortsatta åtgärder borde riktas in på att öka Sveriges självförsörjningsgrad på foder och därigenom främja hållbar inhemsk livsmedelsproduktion.

## Författarens tack

Jag vill rikta ett stort tack till Lantmännen som gav mig förtroendet att genomföra detta projekt och gjorde forskningen möjlig genom att finansiera försöket.

Tack till Pär-Johan Lööf som var med och såg till att projektet skapades och koordinerade försöket.

Tack till min handledare på Lantmännen Christina Nyemad som bistått med praktisk och teoretisk kunskap samt varit en ypperlig mentor och bollplank.

Tack till personalen på Nötcenter Viken för skötsel av korna samt assistans med provtagning och datainsamling.

Tack till SLU för finansiering av laborationsanalyser och till personalen på Institutionen för husdjurens utfodring och vårds laboratorium som analyserade proverna.

Tack till biträdande handledare Kjell Holtenius och Mikaela Patel som bistått med expertkunskaper och goda råd.

Ett stort tack till min fantastiska handledare Johanna Karlsson som bidragit med outhärlig kunskap och stöttat mig i ur och skur.

Samt sist men inte minst, tack till mina vänner och min familj som har stått ut med att jag har tjatat om hur spännande frystorkad koskit kan vara det senaste halvåret.

## Referenser

- AAK AB. (2016a). Product Data Sheet ExPro®. Tillgänglig: <http://www.aak.se/Global/Products/Animal%20feed/ExPro%20eng.pdf> [2017-10-12].
- AAK AB. (2016b). Product Data Sheet AkoFeed Cattle. Tillgänglig: <http://www.aak.se/Global/Products/Animal%20feed/Akofeed%20Cattle%20eng.pdf> [2017-10-12].
- AAK AB. (2017). Tillgänglig: <http://www.aak.com/sv/ProdukterLosningar/Technical-products-and-feed/Djurfoder/Pressning--extraktion-av-rapsfro/> [2017-10-12].
- Arla. (2017). Tillgänglig: <https://www.arla.se/om-arla/agare/arlapris/2017/> [2017-11-07].
- Beckman, J. L. och Weiss, W. P. (2005). Nutrient Digestibility of Diets with Different Fiber to Starch Ratios when Fed to Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 88:1015-1023.
- Broderick, G. A., Stevenson, M. J., Patton, R. A., Lobos, N. E. & Olmos Colmenero, J. J. (2008). Effect of supplementing rumen-protected methionine on production and nitrogen excretion in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 91:1092–1102.
- Broderick, G. A. & Kang, J. H. (1980). Automated simultaneous determination of ammonia and total ts acids in ruminal fluid and in vitro media. *Journal of Dairy Science*. 63:64-75. [https://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)82888-8](https://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)82888-8)
- Chai, W. H. & Udén, P. (1998). An alternative oven method combined with different detergent strengths in the analysis of neutral detergent fibre. *Anim. Feed Science and Technology*. 74:281-288. [http://dx.doi.org/10.1016/S0377-8401\(98\)00187-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-8401(98)00187-4)
- Dann, H. M., Tucker, H. A., Cotanch, K. W., Krawczel, P. D., Mooney, C. S., Grant, R. J. & Eguchi, T. (2014). Evaluation of lower-starch diets for lactating Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 97:7151–7161. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8341>
- Eckersten, H., Djurle, A., Albiñ, A., Andersson, L., Båge, R., de Toro, A., Gärdenäs, A., Hultgren, J., Kvarnheden, A., Lewan, E., Nkurunziza, L., Rosén, K., Spörndly, R., Vågsholm, I., von Rosen, D., Yuen, J. & Magnusson, U. (2015). *Framtida risker och hot mot svensk spannmåls- respektive mjölkproduktion – en analys av forskningsbehov för att bedöma risker*. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet. Framtidens lantbruk - djur växter och markanvändning. Tillgänglig: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-e-3154> [2017-11-22].
- Edmonson, A. J., Lean, I. J., Weaver, L. D., Farver, T. & Webster, G. (1989). A Body Condition Scoring Chart for Holstein Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 72:68-78. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79081-0](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79081-0)
- Ericson, B. & André, J. (2010). HPLC – applications for agricultural and animal science. Sidorna 23-26 i Proceedings of the 1st Nordic Feed Science Conference, Uppsala, Sweden.
- Ertl, P., Zebeli, Q., Zollitsch, W. & Knaus, W. (2015). Feeding of by-products completely replaced cereals and pulses in dairy cows and enhanced edible feed conversion ratio. *Journal of Dairy Science*. 98:1225-1233 <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8810>

- Ertl, P., Zebeli, Q., Zollitsch, W. & Knaus, W. (2016). Feeding of wheat bran and sugar beet pulp as sole supplements in high-forage diets emphasizes the potential of dairy cattle for human food supply. *Journal of Dairy Science*. 99:1228-1236. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10285>
- European Economic Community. (1998). Corrigendum to Commission Directive 98/64/EC of 3 September 1998 establishing Community methods of analysis for the determination of amino-acids, crude oils and fats, and olaquinox in feedingstuffs and amending Directive 71/393/EEC. *Off. J. L275*:14–28.
- FAO, 2010. *Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector*. Tillgänglig: <http://www.fao.org/docrep/012/k7930e/k7930e00.pdf> [2017-09-29].
- FAO. (2011). *World Livestock 2011 – Livestock in Food Security*. FAO, Rome.
- Ferraretto, L. F., Shaver, R. D., Espineira, M., Gencoglu, H. & Bertics, S. J. Influence of a reduced-starch diet with or without exogenous amylase on lactation performance by dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 94:1490-1499. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2010-3736>
- Gustafsson, A.H (1989). Från forskning till test i rådgivningen. Biologisk foderstyrning. *Cellväggar vägväisare till optimal grovfodergiva?* SHS/SLU's Utfodringskonferens, Kolmården mars 1989.
- Harmon, D. L. 1992. Dietary influences on carbohydrases and small intestinal starch hydrolysis capacity in ruminants. *The Journal of Nutrition*. 122:203.
- Jordbruksverket (2015). *Mervärden i svensk mjölkproduktion*. Tillgänglig: <https://www.jordbruksverket.se/download/18.3ab987f01559d3c3c9eade4f/1467362823695/Merv%C3%A4rden+i+svensk+mj%C3%B6lkproduktion.pdf> [2017-09-29].
- Jordbruksverket (2016). *Marknadsöversikt – mjölk och mejeriprodukter*. Rapport 2016:11. Tillgänglig: [http://www2.jordbruksverket.se/download/18.5685a02615476aa525de9ed6/1462367226739/ra16\\_11.pdf](http://www2.jordbruksverket.se/download/18.5685a02615476aa525de9ed6/1462367226739/ra16_11.pdf) [2017-09-29].
- Jordbruksverket (2017a). *Marknaden för mjölk och mejeriprodukter*. Tillgänglig: <https://www.jordbruksverket.se/annesomraden/handelmarknad/kottmjolkochagg/marknadenforkottmjolkochagg/marknadenformjolkochmejeriprodukter.4.3a3862f81373bf24eab80001786.html> [2017-09-29].
- Jordbruksverket (2017b). *Jordbruksstatistisk sammanställning 2017, kapitel 3 Åkerarealens användning*. Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/omjordbruksverket/statistik/statistikomr/jordbruksstatistisksammanstallning/jordbruksstatistisksammanstallning2017.4.695b9c5715ce6e19dbbaacb1.html> [2017-09-29].
- Karlsson, J., Spörndly, R., Patel, M & Holtenius, K. (2016). *Replacing cereals and soybean meal with sugar beet pulp and rapeseed meal or distiller's grain in grass silage diets to dairy cows*. Sidorna 82-86 i Proceedings of the 7<sup>th</sup> Nordic Feed Science Conference, Uppsala, Sverige.
- Kemin (2017a). Europe LysiPEARL™ Benefits Dairy Health and Milk Production. Tillgänglig: <https://www.kemin.com/en/europe/products/lysipearl> [2017-10-16].
- Kemin (2017b). Europe MetaSmart® Benefits Dairy Cows. Tillgänglig: <https://www.kemin.com/en/europe/products/metasmart> [2017-10-16]

Lantmännen Agroetanol (2017). Tillgänglig:  
[https://www.lantmannenagroetanol.se/siteassets/images/produktblad-a-90-\\_rev-20170919.pdf](https://www.lantmannenagroetanol.se/siteassets/images/produktblad-a-90-_rev-20170919.pdf) [2017-10-12].

Larsson, K. & S. Bengtsson. (1983). Determination of non-structural carbohydrates in plant material. *Method description n. 22*. National Laboratory for Agricultural Chemistry, Uppsala, Sweden.

Leiva, E., Hall, M.B. & Van Horn, H.H. (2000). Performance of dairy cattle fed citrus pulp or corn products as sources of neutral detergent-soluble carbohydrates. *Journal of Dairy Science*. 83:2866-2875.

Marounek, M., Bartos, S. och Brezina, P. (1985). Factors Influencing the Production of Volatile Fatty Acids from Hemicellulose, Pectin and Starch by Mixed Culture of Rumen Microorganisms *Z. Tierphysiol., Tierernahrg. u. Futtermittelkde*. 53, 50-58.

McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A. & Wilkinson, R. G. (2011). *Animal Nutrition*. Sjunde upplagan. Storbritannien: Clays Ltd.

Nycander, L. (1989). *Skattning av foderintaget hos mjölkkor med hjälp av Neutral Detergent Fiber (NDF) och osmält neutral detergentfiber (ADF)*. Examensarbete 11, Institutionen för husdjurens utfodring och vård. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.

Oba, M. & Allen, M. S. (2003). Effects of Diet Fermentability on Efficiency of Microbial Nitrogen Production in Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 86:195-207.

Oltjen, J. W. & Beckett, J. L. (1996). Role of ruminant livestock in sustainable agricultural systems. *Journal of Animal Science*. 74:1406–1409.

Rius, A. G., Appuhamy, J. A. D. R. N., Cyriac, J., Kirovski, D., Becvar, O., Escobar, J., McGilliard, M. L., Bequette, B. J., Akers, R. M. & Hanigan, M. D. Regulation of protein synthesis in mammary glands of lactating dairy cows by starch and amino acids. *Journal of Dairy Science*. 93:3114-3127.  
<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2009-2743>

Sjaastad, Ø. V., Sand, O. & Hove, K., (2010). *Physiology of Domestic Animals*. Andra upplagan. Oslo: Scandinavian Veterinary Press.

Sjaunja, L.O, L. Baevre, L. Junkkarinen, J. Pedersen, & J. Setälä. 1990. A Nordic proposal for an energy corrected milk (ECM) formula. Sidorna 156-192 i *Performance Recording of Animals: 27<sup>th</sup> Biennial Session of the International Committee of Animal Recording*, Paris, France.

SJVFS 2011:40, Saknr M 39. (2011). The Swedish Board of Agriculture.

Spörndly, R. (2003). *Fodertabeller för idisslare*. Uppsala: SLU. (Husdjurens utfodring och vård, 2003:257).

Spörndly, R. (2017). *Bara vall och spannmål – lönar det sig?* Sidorna 75-78 i Vallkonferens 2017, Uppsala, Sverige.

Sveriges Riksdag (2016). *Sveriges självförsörjningsgrad av livsmedel*. Rapport 2015/16:595. [2017-09-29].

Swensson, C., Lindmark-Månsson, H., Smedman, A., Henriksson, M. & Modin Edman, A.-K. (2017). Protein efficiency in intensive dairy production: a Swedish example. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.8362>

Van Keulen, J., & Young, B. A. (1977). Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*. 44:282-287.

Van Soest, P. J., Robertson, J. B. och Lewis, B. A. (1991). SYMPOSIUM: CARBOHYDRATE METHODOLOGY, METABOLISM, AND NUTRITIONAL IMPLICATIONS IN DAIRY CATTLE. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74:3583-3597

Voelker, J. A. & Allen, M. S. (2003). Pelleted beet pulp substituted for high-moisture corn: 1. Effects on feed intake chewing behavior, and milk production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 86:3542-3552.

Wilkinson, J. M. (2011). Re-defining efficiency of feed use by livestock. *Animal* 5:1014-1022. <http://dx.doi.org/10.1017/S175173111100005X>

Åkerlind, M., M. Weisbjerg, T. Eriksson, P. Udén, B. L. Ólafsson, O. Harstad, & H. Volden. 2011. Feed analyses and digestion methods. Sida 41-54 i *NorFor – the Nordic feed evaluationsystem*. Vol. 130. Volden, H., ed. Wageningen Academic Publishers. Wageningen, The Netherlands. <http://dx.doi.org/10.3920/978-90-8686-718-9>