

Biovetenskap och material

Jordbruk och livsmedel



Ultraljud – mätning av köttkvalitet på
levande nötkreatur

Linnea Gustafsson & Cecilia Lindahl

RISE Rapport 2019:78

Ultraljud – mätning av köttkvalitet på levande nötkreatur

Linnea Gustafsson & Cecilia Lindahl

Abstract

Ultrasound measurements to predict carcass meat quality traits on live cattle

Meat quality, i.e. sensory quality, includes traits such as tenderness and texture, flavour and juiciness. Tenderness and flavour are considered to be the most important meat quality traits and are related to the amount of marbling of the meat, i.e. the amount of intramuscular fat. The marbling of the meat is affected by e.g. sex, age, breed, genetic disposition and feeding regime. Marbling is moderately heritable in cattle, which means that genetic progress can be achieved by selecting for marbling within a breed. In Sweden, a standard for beef marbling scoring has been developed, which is optional for the slaughterhouses to use. However, few slaughterhouses have implemented the marbling scoring system in their payment model to farmers, which means that there are no apparent financial incentives for meat producers to produce animals of high eating quality. The possibility to predict the marbling score in live animals may increase the interest for eating quality traits of beef in Sweden and improve production planning, the prediction of time for slaughter and breeding. Ultrasound is already an established method for estimating beef carcass characteristics and is used e.g. in the USA and Canada. The study aimed to evaluate ultrasound as a method to measure carcass meat quality traits on live cattle in Sweden. Data of 94 cattle was included in the study. The animals were scanned with ultrasound before slaughter and ultrasound and carcass measurements of marbling, backfat thickness and muscle depth were then compared. The results showed a relatively low correlation between marbling score by ultrasound and marbling assessed visually on the carcass, but it was within the range of results from previous studies. However, the distribution of data was limited with few animals with high marbling scores, which means that a correlation analysis may not be reliable. Therefore, the marbling score was also analysed as a categorical variable with Fisher's exact test, and the results showed a significant relationship between marbling grade before and after slaughter. The ultrasound measurements made a correct classifying in around half of the cases. The results also showed a lower correlation for measurement of backfat compared to previous studies ($r=0,51$ at the 12/13th rib and $r=0,43$ at the 10/11th rib), while the results for measurement of muscle depth was moderately correlated to the carcass measurement. The results can most likely be improved by better knowledge and understanding of the ultrasound technique and handling skills of both ultrasound hardware and software. Furthermore, the results for marbling can probably be improved by a recalibration of the software to meet Swedish conditions, as the ultrasound measurements generally seem to underestimate the marbling score. There is potential to use ultrasound to measure marbling and meat quality traits on Swedish cattle, but there is a need of more data material and better knowledge and experience to show more reliable results.

Key words: Ultrasound, cattle, meat quality, marbling, intramuscular fat

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE Rapport 2019:78

ISBN: 978-91-89049-07-9

Uppsala/Skara 2019

Innehåll

Abstract	1
Innehåll	2
Förord	3
Sammanfattning	4
1 Bakgrund	5
2 Material och metod	7
2.1 Djurmaterial	7
2.1.1 Bruksbesättningar	7
2.1.2 Avelsbesättningar	8
2.2 Ultraljudsskanning	8
2.2.1 Övriga data	8
2.3 Uppföljning av slaktkroppar	8
2.4 Statistik	9
2.5 Bortfall av data.....	9
3 Resultat	10
3.1 Bruksbesättningar.....	11
3.2 Avelsbesättningar	13
4 Diskussion	14
4.1 Bortfall av data.....	14
4.2 Bruksbesättningar.....	14
4.2.1 Marmorering	14
4.2.2 Fettdjup	16
4.2.3 Muskelstorlek	17
4.2.4 Mätposition	17
4.3 Avelsbesättningar	18
5 Slutsatser	18
6 Referenser	19

Förord

I denna rapport presenteras resultatet av en pilotstudie med fokus att undersöka möjligheten att uppskatta köttets marmorering (intramuskulärt fett) på levande nötkreatur genom ultraljudsskanning. Köttets marmoreringsgrad anses ha stark inverkan på köttets ätkvalitet. Ultraljud används sedan länge i t.ex. USA och Kanada för att selektera djur som ansätter mycket intramuskulärt fett och att sortera djur i olika grupper i feedlots för att optimera utfodring och slakttidpunkt utifrån köttkvalitet. Flera studier har utvärderat tekniken, men det saknas studier på vårt svenska djurmateriel, som har en jämförelsevis låg marmoreringsgrad. Att objektivt kunna mäta parametrar av betydelse för ätkvaliteten på köttet redan före slakt ger köttproducenter som är intresserade av att höja köttkvaliteten nya möjligheter.

Ultraljudsskanningen inom projektet genomfördes i samarbete med Växa Sverige och Naturbeten i Tysslinge.

Denna studie har genomförts inom ramen för ett treårigt projekt med titeln ”Efterfrågedriven innovation för högre kvalitet på nöt- och lammkött”. Projektet är ett samarbete mellan forskning, lantbruk och industri som verkar inom köttnäringen i regionerna Västra Götaland (Sverige) och Nord- och Midtjylland (Danmark). Lead partner var Agroväst Livsmedel AB.

Projektets övergripande målsättning var att skapa bättre förutsättningar för primärproducenter och det vidareförädlade ledet inom regional nöt- och lammköttproduktion att möta efterfrågan ifrån olika kundgrupper avseende ätkvalitet och etisk kvalitet. Därigenom kan branschen stärka sin konkurrenskraft såväl nationellt som internationellt.

Projektet finansierades av Interreg Öresund-Kattegat-Skagerrak med medfinansiering från Västra Götalandsregionen.

Sammanfattning

Köttets ätkvalitet, eller sensoriska kvalitet, innefattar parametrar som mörhet och textur, smak och saftighet. Mörhet och smak anses vara de mest betydelsefulla parametrarna och är bland annat kopplade till köttets marmoringsgrad, dvs. hur mycket fett som finns insprängt mellan muskelfibrerna. Köttets marmoringsgrad kan endast påverkas så länge djuret lever och den beror på faktorer som kön, ålder, ras, genetiska förutsättningar och utfodring. I Sverige finns det en marmoringsstandard, som är frivillig för slakterierna att använda. Det är dock få slakterier som implementerar den i sin betalningsmodell, vilket innebär att det finns svaga ekonomiska incitament för köttproducenter att satsa på en ökad ätkvalitet. Att kunna mäta och förutsäga marmoringsgraden på levande djur skulle kunna öka intresset för ätkvalitet på nötkött i Sverige och underlätta för planering, slaktmognadsbedömning och avel. Ultraljud är en redan etablerad metod för att uppskatta slaktkroppsegenskaper och används i bland annat USA och Kanada.

Denna studie syftade till att utvärdera ultraljud som metod för att mäta köttkvalitet på levande djur i Sverige. Data från 94 nötkreatur ingick i studien och djuren skannades med ultraljud några dagar före slakt och resultatet jämfördes med motsvarande parametrar på slaktkroppen. Resultaten visade på en korrelation mellan marmoreringen uppskattad med ultraljud före slakt och marmoringsgraden bedömd efter slakt, men att den var relativt svag. Korrelationen för marmorering låg dock inom spannet för vad tidigare studier funnit. Tillförlitligheten kan dock ifrågasättas eftersom det var liten spridning i data med få djur med hög marmoringsgrad, varför även en analys av marmoringsgrad som kategoriska variabler genomfördes. Fishers exakta test visade på ett signifikant samband mellan marmoringsgraden före och efter slakt, och ultraljudsmätningen stämde överens med bedömningen av marmorering efter slakt i hälften av fallen. Resultaten för mätningar av ryggfettets djup före och efter slakt låg på en betydligt svagare korrelation än tidigare studier ($r=0,51$ vid 12/13e revbenet och $r=0,43$ vid 10/11e revbenet), medan resultaten för mätning av muskeldjup var medelhögt korrelerat med motsvarande värde på slaktkroppen. Resultaten kan troligtvis förklaras med bristande erfarenhet av tekniken och mjukvaran och att resultaten för marmoringsmätning troligen kan förbättras genom bättre kalibrering av mjukvaruprogrammet för att anpassa det till svenska förhållanden, eftersom marmoringsgraden generellt underskattas med nuvarande inställningar. Det finns potential för att använda ultraljud för att mäta marmorering på nötkreatur i Sverige, men det krävs ytterligare datainsamling och analys och mer kunskap och erfarenhet för att kunna uppvisa säkrare mätresultat.

1 Bakgrund

Köttkvalitet är ett brett begrepp som bland annat innefattar tekniska egenskaper som slaktkroppsutbyte och sammansättning, etisk kvalitet och ätkvalitet. Köttets ätkvalitet, eller sensoriska kvalitet, innefattar i sin tur egenskaper som textur och mörhet, smaklighet och saftighet (Warriss, 2000). Köttets saftighet anses bland annat vara kopplat till mängden fett i köttet (Hocquette et al., 2005) samt köttets vattenhållande förmåga under tillagning (Warriss, 2000). Köttets smak är delvis kopplat till mängden fett i köttet. Det är generellt små skillnader i smak mellan olika raser, men de skillnader som förekommer anses bero på mängden insprängt fett i köttet där fetare raser med mer intramuskulärt fett anses ha en mer intensiv smak. Även foder anses ha betydelse eftersom det kan påverka den mängd och typ av fett som lagras i musklerna. Köttets mörhet påverkas av flera faktorer, bland annat mörning av köttet och mängden bindväv i musklerna (Hocquette et al., 2005). Under mörningsprocessen bryter muskelns egna enzymer ner proteiner i musklerna vilket gör att myofibrillerna, en beståndsdel i muskelfibrerna, försvagas (Koohmaraie et al., 2002, Hocquette et al., 2005). I Sverige sker mörningen vanligtvis med hela eller delar av slaktkroppen hängandes i kylrum eller genom vaccummörning där köttet styckats ner och förvaras vacuumförpackade. Optimal mörningstid är 10-15 dagar för nötkreatur (Hocquette et al., 2005). Yngre djur har generellt färre korsbindningar i bindväven, vilket gör att de vanligtvis har ett mörare kött (Webb & O'Neill, 2008). Köttets mörhet kan även påverkas av andelen intramuskulärt fett (IMF) i köttet. Intramuskulärt fett innebär att fett har lagrats in i muskeln insprängt mellan muskelfibrerna, vilket tros separera muskelfibrerna från varandra och på så vis minska köttets rigiditet (Warriss, 2000).

Köttets marmorering anses, utöver mörhet, även bidra positivt till saftighet, smak och generell konsumentacceptans (Pannier et al., 2014). Ju högre andel IMF i köttet desto fler konsumenter klassar köttet som acceptabelt eller bra, men vid en fettprocent som överstiger 2% avtar den förbättrande effekten, medan ett kött med låg andel IMF anses ha en negativ effekt på köttets ätkvalitet (Warriss, 2000). Mängden marmorering kan endast påverkas så länge djuret lever och de faktorer som påverkar är bland annat kön, ålder, ras, genetik, utfodring och tillväxt. Djurets tillväxt har en central roll i ansättningen av marmorering, där djur som har en hög tillväxttakt har sämre förmåga att ansätta marmorering. Lätta kötraser, så som Angus och Hereford, har därför generellt lättare att ansätta fett jämfört med tyngre, mer snabbväxande raser, och mjölktraser har i sin tur bättre förmåga att ansätta IMF jämfört med lätta kötraser (Warriss, 2000). Vidare påverkas ansättningen av IMF av djurets kön och tid för kastrering. En tjur som växer snabbt ansätter mindre IMF jämfört med en stut eller kviga och ju tidigare tjuren kastreras desto mer IMF kommer den ansätta under högre ålder (Harper & Pethick, 2004). Den energi från fodret som inte går åt till underhåll och tillväxt lagras in som fett. Därför har även foder en viktig roll för ansättning av IMF. Djur som fodras mer intensivt ansätter mer IMF jämfört med djur som endast betar. Men det har även betydelse för vilken typ av fett som ansätts i musklerna. Betande djur ansätter större andel fleromättade fettsyror jämfört med intensivt utfodrade djur (Webb & O'Neill, 2008), vilket anses ha en positiv hälsoeffekt vid konsumtion (Livsmedelsverket, 2018).

I Sverige bedöms slaktkroppar av nöt genom att gradera slaktkroppens form och muskelansättning på en 15-gradig skala där huvudsakliga graderna är E, U, R, O och P, där varje gradering kan bedömas med plus och minus. En slaktkropp med hög muskelansättning får värdet E+ medan en slaktkropp med låg muskelansättning får värdet P-. Fettansättning bedöms enligt skalan 1–5 där 1 är mycket liten fettansättning och 5 är mycket hög fettansättning (Jordbruksverket, 1998). Däremot innefattar inte bedömningen enligt EUROP-systemet köttets åtegenskaper. Därför har det även tagits fram en svensk standard för klassning av marmorering. Denna klassning är frivillig för de svenska slakterierna att använda och är en förenklad variant av den amerikanska marmoreringsstandarden från United States Department of Agriculture (USDA). I Tabell 1 presenteras en jämförelse mellan den svenska och amerikanska marmoreringsstandarden. I Sverige görs bedömningen av marmoreringsgraden på muskeln *longissimus dorsi* (dvs. ryggmuskeln) mellan 10:e och 11:e revbenet där slaktkroppshalvorna parteras i Sverige (Stenberg, 2012).

Tabell 1. Tabellen anger graderingsklasser av marmorering enligt den svenska standarden i relation till dess motsvarighet på USDA-skalan (Stenberg, 2012)

Svensk modell		Amerikansk modell	
Grad (SE)	Svensk benämning	Grad (US)	Amerikansk benämning
1	Ingen marmorering	1,33 – 2,32	Devoid
		2,33 – 3,32	Practically devoid
		3,33 – 4,24	Traces
		4,25 – 5,32	Slight
2	Begynnande marmorering	5,33 – 6,32	Small
3	Marmorerat	6,33 – 7,32	Modest
4	Väl marmorerat	7,33 – 8,32	Moderate
5	Mycket marmorerat	8,33 – 9,32	Slightly abundant
		9,33 – 10,32	Moderately abundant
		10,33 – 10,99	Abundant

Köttets marmorering kan endast påverkas så länge djuret lever (Svenskt kött, 2019). För att påverka köttets marmorering skulle det därför vara värdefullt för producenten att kunna mäta köttets marmoreringsgrad under tiden djuret lever. Det finns flera olika tekniker som har studerats i syfte att mäta köttkvalitet på levande djur, men det mest etablerade tekniken är ultraljud (Gustafsson & Lindahl, 2019). Ultraljud kan användas för att mäta marmoreringsgrad, subkutant fett och muskelstorlek. Det vanligaste är att mäta ryggbiffens storlek, marmorering och subkutant fettdjup på djuret vid den position där slaktkroppshalvorna parteras.

Korrelationen mellan ultraljudsmätning av marmoreringsgrad och slaktkroppens marmoreringsgrad varierar i studier mellan $r=0,31-0,73$ (Emenheiser et al., 2014, Baker et al., 2006, Wall et al., 2004), medan de studier som jämfört ultraljudsmätningen mot kemiskt analyserad halt av intramuskulärt fett (% IMF) har haft en något svagare korrelation, mellan $r=0,35-0,44$ (Peña et al., 2014b, Peña et al., 2014a, Chambaz et al., 2002). Motsvarande korrelation för subkutant fettdjup vid revbenen var $r=0,81-0,99$ (Smith et al., 1992, Mendes Jorge et al., 2007, Peña et al., 2014a, Emenheiser et al., 2014, Ribeiro & Tedeschi, 2012). Inga studier har påträffats som har mätt muskeldjup både på levande djur och på slaktkroppen. Flera studier har visat att ultraljudsmätningen blir

mer osäker om djuren är extremt feta eller magra eller om de har extremt stora eller små muskler (Greiner et al., 2003, Smith et al., 1992). Det har även visat sig att det är viktigt att ha erfarna ultraljudstekniker för att säkerställa noggranna och precisa mätningar (Emenheiser et al., 2014, Herring et al., 1994, McLaren et al., 1991). Flera studier har visat att ultraljudsmätningen av marmorering är starkare korrelerat med slaktkropps-värdet ju närmare slakt mätningen görs (Brethour, 2000, Peña et al., 2014a, Peña et al., 2014b).

Ultraljudsmätning av marmorering används redan kommersiellt i länder som USA och Kanada, som har arbetat med ätkvalitet under en längre tid. I Sverige har det däremot inte funnits en väletablerad betalningsmodell för marmorering, vilket inneburit att det saknats incitament för primärproducenterna att utveckla marmoreringen hos svenska nötkreatur. Studier har visat att säkrare uppskattning av marmoreringsgraden med ultraljud kan göras på nötkreatur med ≥ 2 % IMF jämfört med djur med lägre % IMF, men att även mätningar på magrare djur ner emot 1,14–1,35 % går bra att mäta (Aass et al., 2006, Aass et al., 2009). För att säkerställa att metoden ger tillförlitliga resultat vid mätning av marmorering på svenska djur, som generellt har lägre marmoreringsgrad än i exempelvis USA, behöver metoden utvärderas under svenska förhållanden och kopplas till den svenska marmoreringsstandarden.

Syftet med denna studie var därför att utvärdera ultraljud som metod för att mäta köttkvalitet på levande djur. Studien syftade till att utvärdera hur väl ultraljudsmätningar av marmorering, ryggmuskeln djup och subkutant fett djup på levande djur stämmer överens med visuella bedömningar av slaktkroppen. Dessutom ville vi få en generell bild av marmoreringsgraden på avelsdjur i svenska avelsbesättningar för några relevanta raser.

2 Material och metod

Etisk prövning godkänd av Göteborgs försöksdjursetiska nämnd, dnr: 5.8.18-09968/2018.

2.1 Djurmaterial

2.1.1 Bruksbesättningar

I denna studie har det skannats 247 köttdjur på 13 gårdar. Djuren har sedan följts upp efter slakt genom mätningar på slaktkroppen. Besättningarna låg i huvudsak i södra Sverige upp till Väster- och Östergötland. Gårdarna har sökts upp genom att kontakta nötköttsföreningar, rådgivare och inköpare på olika slakterier. Den djurkategori som efterfrågades var kvigor, kor och stutar av både köttkras och mjölkkras som var äldre än 10 månader. Detta för att öka sannolikheten att djur med högre marmoreringsgrad skulle inkluderas i data.

2.1.2 Avelsbesättningar

De raser inom avelsbesättningar som inkluderats i studien är Angus och Hereford. Avelsbesättningarna har sökts upp genom att kontakta respektive avelsförening. Avelsföreningarna gjorde antingen e-postutskick i föreningen där medlemmarna själva fick anmäla intresse eller rekommenderade ett antal gårdar att kontakta.

Utöver avelsbesättningarna skannades även två besättningar med Fjällko eftersom rasen har ett rykte om att ha hög marmorering och bra ätkvalitet. Dessa besättningar var inte avelsbesättningar utan användes i första hand som bruksdjur inom mjölk och köttproduktion. Antalet djur som skannades var 104 avelsdjur och fjällkor från totalt 4 gårdar. Den djurkategori som efterfrågades var kor, tjurar och rekryteringskvigor äldre än 10 månader.

2.2 Ultraljudsskanning

Ultraljudsmätningen på bruksbesättningar gjordes i snitt 8 dagar innan slakt, med ett spann mellan 2 och 17 dagar innan slakt. I samband med skanningen drevs djuren, ett i taget, in i en behandlingsbox med våg eller motsvarande anordning där djuret kunde fixeras. Djurens päls klipptes på ryggen över det område där mätningen skulle genomföras. Därefter applicerades matolja som kontaktmedel mellan hud och ultraljudsproben. Ultraljudsmätningen genomfördes med en Aloka Prosound 2 (Hitachi, Ltd) med en 12,5 cm animal science probe. För bildanalys användes mjukvaruprogrammet Cattle Performance Enhancement Co., LLC (CPEC). Analysen gjordes utav rapportens författare. Ultraljudsmätningen gjordes på *longissimus dorsi*, vilket är den långa muskeln som sträcker sig längs med vardera sidan om ryggkotorna. Mätningen gjordes längs med muskeln mellan 12/13e revbenet, som är brukligt i USA, och mellan 10/11e revbenet, vilket är den position där slaktkroppshalvorna parteras i Sverige. För varje djur sparades minst sex bilder, 3 per position, för att beräkna ett medelvärde av bilderna. För djur där värdena låg mer spritt mellan bilderna togs fler bilder för att ge ett trovärdigare medelvärde.

2.2.1 Övriga data

Lantbrukarna ombads även att komplettera med information om djurens födelsedatum, härstamning, kön och ras. På slakteriet samlades det även in slaktdata som gjorts av slakteriet själva, dvs. EUROP-formklass, EUROP-fettklass och slaktkroppsvikt.

2.3 Uppföljning av slaktkroppar

När djuren från bruksbesättningarna slaktats följdes slaktkropparna upp på slakteriet efter att de parterats till fjärdedelar. Uppföljningen gjordes på snittytan av *longissimus dorsi* mellan 10/11e revbenet där slaktkroppshalvan parterats, dvs. tvärsnittet på ryggbiffen. Fyra bedömningar gjordes av slaktkroppen: marmoreringsgrad, muskelns area, muskeldjup och subkutant fettdjup. Varje slaktkropp mättes på den främre kroppshalvan, på den sida där skanningen utförts. Om snittytan var svårläst på grund av dubbla snitt eller på annat sätt flikig gjordes bedömningen istället på den bakre kroppshalvan.

Marmoreringen bedömdes visuellt genom att jämföra med referenskort framtagna av USDA och slaktkropparna graderades enligt den svenska marmoreringsskalan (Tabell 1), som använder samma bilder (Stenberg, 2012). Muskelarea mättes genom att placera en transparent mätskiva mot muskelns tvärsnitt. Mätskivan var försedd med ett rutnät där varje ruta motsvarade 1 cm². För varje bedömning togs en bild av muskeln med mätskivan liggande mot snittytan. Arean bedömdes därefter genom att räkna antalet rutor som ligger inom muskelns kanter. Rutorna räknades om rutans mittpunkt befann sig innanför biffens kanter. Vid osäkra bedömningar ritades ett kryss i rutan för att med hjälp av kryssets skärning bestämma mittpunkten. Subkutant fett djup och muskeldjupet bestämdes genom att mäta med hjälp av en transparent linjal.

2.4 Statistik

Samtliga statistiska analys har gjorts med R statistics (R Core Team, 2018). Korrelationen har beräknats med Pearsons korrelation och samband mellan faktorvariabler har analyserats med Fishers exakta test. Ett p-värde <0,05 har bedömts som statistiskt signifikant.

2.5 Bortfall av data

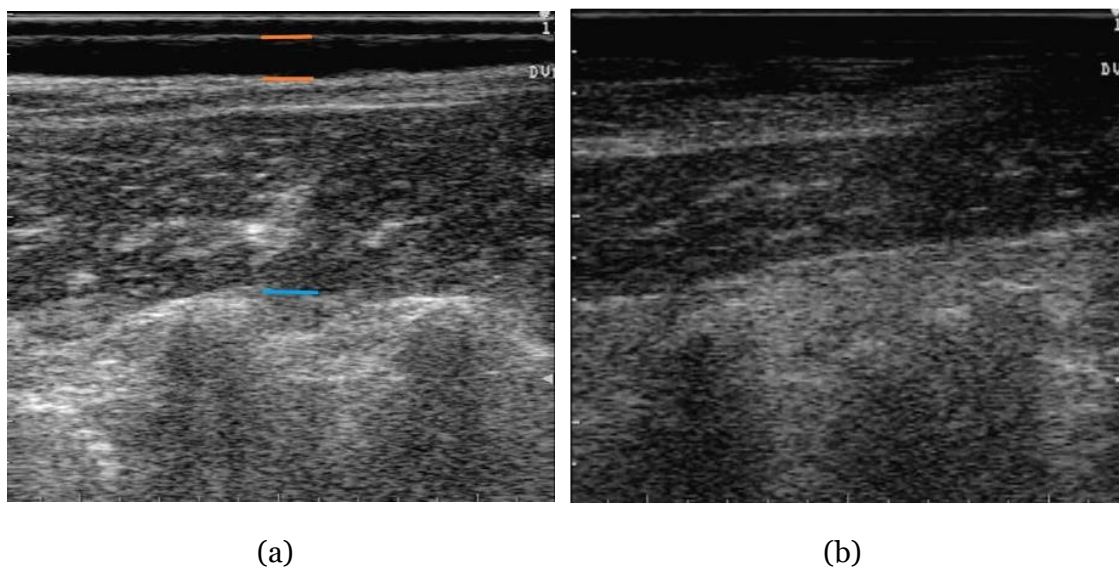
Vid ultraljudsskanningen lagrades ultraljudsbilderna som genererades i mjukvaruprogrammet CPEC. Mjukvaran är programmerad för att identifiera några specifika karaktäristiska uttryck i bilden, för att automatiskt placera ut markörer vid gränslinjer mellan hud och fett, fett och muskel samt muskel och revben. Under bra förhållanden kan en tränad ultraljudstekniker ta en bild där fettlager, muskel och revben syns tydligt. I dessa fall kan mjukvaran ofta placera ut markörerna för respektive gränssnitt på ett korrekt sätt. För en otränad ultraljudstekniker, vid felaktiga inställningar eller om djuret är magert eller har mycket subkutant fett är risken större att bilden blir otydlig, vilket också gör att markörerna för respektive gränssnitt blir felplacerade. Detta innebär att markörernas placering måste gås igenom och eventuellt justeras manuellt i efterhand, som en kvalitetssäkring av data.

I denna studien skannades 247 kött djur från 13 gårdar, där djuren sedan följdes upp efter slakt, samt 104 avelsdjur och fjällkor från 4 gårdar. Utav alla kött djur som skannats var det 34 som av olika skäl inte kunde följas upp på slakteriet och för 119 skannade kött djur har ultraljudsbilderna av misstag raderats innan placeringen av markörerna kontrollerats. Där bilderna raderats finns den ursprungliga numeriska data tillgänglig, men då kvalitetssäkringen av bilderna inte varit möjlig kunde denna data inte användas i den vidare analysen. För avelsdjuren har data raderats för 75 av de skannade djuren. Det slutgiltiga antalet djur som inkluderats i de statistiska analyserna var 94 kött djur från sju gårdar och 29 avelsdjur (Angus) och fjällkor från tre gårdar.

För varje djur sparades minst sex ultraljudsbilder, tre för vardera positionen vid 10/11 och 12/13 revbenet. I några fall där spridningen bedömdes som för stor sparades ytterligare bilder vid skanningen för att öka säkerheten. I samband med kontroll och korrigering av markörer på bilderna i CPEC, sorterades några bilder bort helt på grund av för dålig kvalitet och för några bilder sorterades vissa mätvärden bort på grund av att fett djup eller revben var för otydliga. Detta fick till följd att det för varje djur och position

fanns 1-5 bilder sparade, och utifrån dessa räknades slutligen ett genomsnitt för marmorering, muskel- och fett djup vid respektive position fram.

Figur 1 nedan visar två exempelbilder från ultraljudsmätningen. Bild 1a är ett exempel på en bra bild där fett djup (markerat med orangea linjer) och revben (markerat med blå linje) syns tydligt. Bild 1b visar exempel på en ultraljudsbild där fett djupet inte kunnat bestämmas korrekt. Den nedre markören för fett djup används även för att bestämma muskel djup, vilket gör att båda dessa mått vanligtvis går förlorade i en bild med sämre kvalitet. Däremot låg oftast rutan som mäter marmorering bra placerad, vilket gjorde att dessa mätvärden oftare kunde användas.



Figur 1. Exempel på ultraljudsbilder där figur a är en bra bild med tydlig hud- och fettlinje (markerat med orangea linjer) och tydliga revben (markerat med blå linje) medan figur b har otydlig hud- och fettlinje och otydlig kant för revbenen och har därför endast använts för att bestämma marmoreringen. Båda bilderna är tagna mellan 10/11e revbenet.

3 Resultat

Mjukvaruprogrammet CPEC presenterar marmoreringsgraden baserat på den amerikanska marmoreringsstandarden. Alla resultat som redovisas i denna rapport redovisas både enligt den amerikanska standarden (US) och den svenska standarden (SE). Se Tabell 1 för översättning av marmoreringsgraden enligt ultraljudsskanningen till den svenska standarden.

3.1 Bruksbesättningar

I Tabell 2 redovisas medelvärden för alla enskilda mätningar på köttdjur.

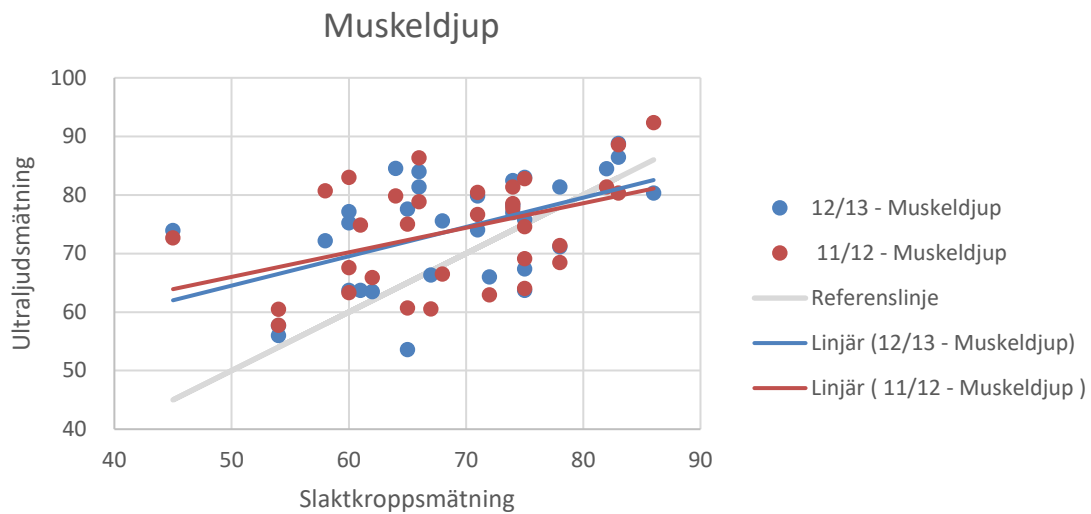
Tabell 2. Medelvärden för levandemätningar och slaktkroppsmätningar

Variabel	N	Medelvärde	Enhet	Standardavvikelse
Marmorering slaktkropp	94	1,94	grad	0,91
Muskelarea slaktkropp	94	76,5	cm ²	11,76
Fettdjup slaktkropp	94	15,5	mm	8,28
Muskeldjup slaktkropp	70	67,3	mm	8,74
Slaktkroppsvikt	94	350	kg	39,59
Levandevikt	64	792	kg	80,70
12/13 Fettdjup	57	8,5	mm	4,17
12/13 Marmorering US	93	5,36	grad	0,71
12/13 Muskeldjup	54	71,7	mm	9,63
12/13 Marmorering SE	93	1,62	grad	0,55
11/12 Fettdjup	59	8,6	mm	4,23
11/12 Marmorering US	92	5,45	grad	0,73
11/12 Muskeldjup	54	71,5	mm	8,60
11/12 Marmorering SE	92	1,66	grad	0,59

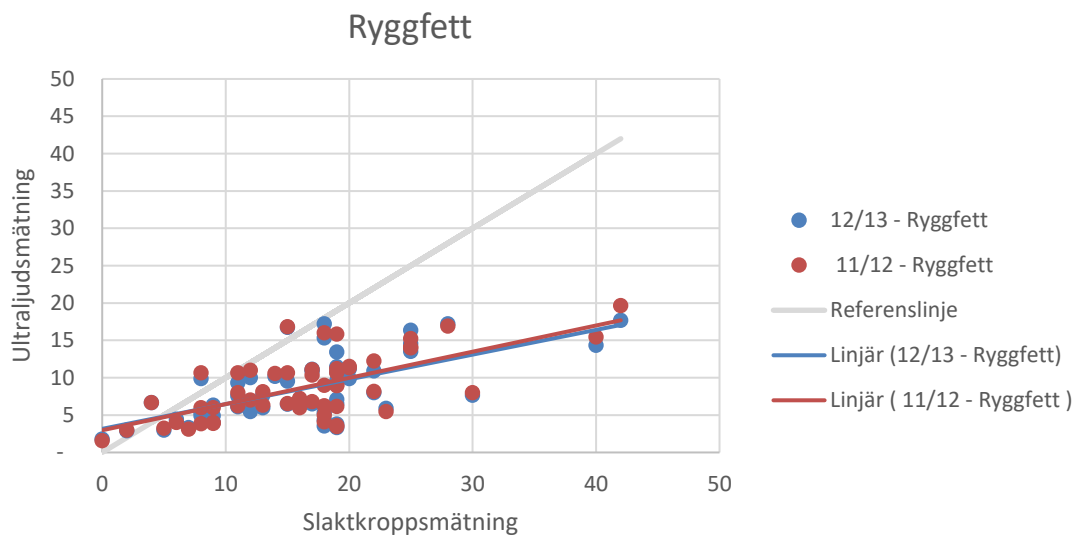
Alla ultraljudsmätningar visade signifikant korrelation med motsvarande visuella mätvärde på slaktkroppen (Tabell 3). För både marmorering och muskeldjup var korrelationen med det visuella slaktkroppsvärdet starkast för ultraljudsmätningen gjord vid 12/13e revbenet. För ultraljudsmätningarna av fettdjup gav båda mätpunkterna likvärdig korrelation med slaktkroppsvärdet. Utav alla mätningar var det ultraljudsmätningarna av fettdjup som hade starkast korrelation med motsvarande värde på slaktkroppen. Ultraljudsmätning av muskeldjup var starkast korrelerat med slaktkroppsmätningen av muskelarea när det mättes vid 10/11e revbenet. Dessa ultraljudsmätningar visade också en något starkare korrelation med just muskelarea jämfört med muskeldjup.

Tabell 3. Korrelation mellan ultraljudsmätning och slaktkroppsmätning

Ultraljudsvärde	Slaktkroppsvärde (10/11e revbenet)	N	r	p<
U12/13 marmorering (SE)	Marmorering (SE)	91	0,46	0,001
U10/11 marmorering (SE)	Marmorering (SE)	91	0,35	0,001
U12/13 fettdjup	Fettdjup	52	0,64	0,001
U10/11 fettdjup	Fettdjup	52	0,64	0,001
U12/13 muskeldjup	Muskeldjup	31	0,51	0,01
U10/11 muskeldjup	Muskeldjup	31	0,43	0,05
U12/13 muskeldjup	Muskelarea	31	0,54	0,01
U10/11 muskeldjup	Muskelarea	31	0,58	0,001



Figur 2. Korrelation mellan ultraljudsmätning och slaktkroppsmätning av muskeldjup för mätningar vid 12/13e revbenet respektive 10/11e revbenet. Den grå referenslinjen visar perfekt korrelation.



Figur 3. Korrelation mellan ultraljudsmätning och slaktkroppsmätning av fett djup för mätningar vid 12/13e revbenet respektive 10/11e revbenet. Den grå referenslinjen visar perfekt korrelation.

I Figur 2 och Figur 3 ges en visuell bild av korrelationen mellan slaktkroppsmätning och ultraljudsmätning för muskeldjup respektive ryggfett. Figur 2 visar att ultraljudsmätningar av muskeldjup generellt skattas för högt i relation till slaktkroppsvärdet, men det förekommer även att muskeldjupet skattas för lågt. Figur 3 visar i sin tur att ryggfettets djup skattas för lågt i relation till slaktkroppsvärdet och avvikelsen blir större och större ju fetare djuret är.

Marmoreringsgraden uppmätt med ultraljud jämfördes även med marmoreringsgraden på slaktkroppen med hjälp av Fishers exakta test, som är ett sätt att jämföra kategoriska variabler. Resultatet visade att det fanns ett signifikant samband mellan ultraljudsmätningen och slaktkroppsmätningen för båda mätpunkterna ($p < 0,001$).

Tabell 4 och Tabell 5 redovisar fördelningen av marmoringsgrad uppmätt med ultraljud i förhållande till den faktiska marmoringsgraden på slaktkroppen. Ultraljudsmätningar vid 12/13e revbenet resulterade i en korrekt bedömning av marmoringsgraden i 48 % av fallen. Djur var korrekt klassade till grad 1 i 61 % av fallen, till grad 2 i 40 % av fallen och till grad 3 i 33 % av fallen. Ultraljudsmätningen vid 10/11e revbenet resulterade i en korrekt klassning av marmoringsgraden i 52 % av fallen. Djuren som klassades till grad 1 var korrekt i 64 % av fallen, till grad 2 i 42 % av fallen, till grad 3 i 100 % av fallen och till grad 4 i 0 % av fallen. För båda mätpositionerna har de mätningar som blivit felaktigt skattade till största del blivit underskattade (38 % av skattningar vid 12/13e revbenet och 34 % vid 10/11e revbenet).

Tabell 4. Antal djur inom respektive marmoringsgrad enligt ultraljud vid 12/13e revbenet i förhållande till marmoringsgrad bedömd på slaktkroppen. I parentes anges andel (%) av antalet djur som klassats som marmoringsgrad 1-5 efter slakt inom respektive ultraljudsgrad

Marmoringsgrad slaktkropp						
Marmoreringsgrad ultraljud 12/13e revbenet	1	2	3	4	5	Antal djur totalt
1	23 (61%)	11 (29%)	3 (8%)	1 (3%)	0 (0%)	38 (100%)
2	13 (25%)	21 (40%)	17 (33%)	1 (2%)	0 (0%)	52 (100%)
3	0 (0%)	0 (0%)	1 (33%)	1 (33%)	1 (33%)	3 (100%)
Antal djur totalt	36	32	21	3	1	93

Tabell 5. Antal djur inom respektive marmoringsgrad enligt ultraljud vid 10/11e revbenet i förhållande till marmoringsgrad bedömd på slaktkroppen. I parentes anges andel (%) av antalet djur som klassats som marmoringsgrad 1-5 efter slakt inom respektive ultraljudsgrad

Marmoringsgrad slaktkropp						
Marmoreringsgrad ultraljud 10/11e revbenet	1	2	3	4	5	Antal djur totalt
1	23 (64%)	10 (28%)	2 (6%)	1 (3%)	0 (0%)	36 (100%)
2	12 (23%)	22 (42%)	15 (29%)	2 (4%)	1 (2%)	52 (100%)
3	0 (0%)	0 (0%)	3 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (100%)
4	1 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)
Antal djur totalt	36	32	20	3	1	92

3.2 Avelsbesättningar

På grund av ett stort bortfall av data består resultatet från skanningen av avelsdjur endast av raserna fjällko (25 djur från två bruksbesättningar) och röd Angus (4 djur från en gård). En stor del av bildunderlaget för fjällkor har sorterats bort på grund av för dålig bildkvalitet, där markörerna inte kunnat korrigeras. I Tabell 6 redovisas medelvärden av mätningarna för respektive ras samt hur många djur som inkluderats i statistiken. Alla avelsdjur som redovisas i den här rapporten var kor, förutom en fjällko som var stut, som slutgöts särskilt till slakt. För denna har dock endast mätvärdet för muskeldjup använts på grund av för dålig bildkvalitet.

Tabell 6. Medelvärden för ultraljudsmätning av kor av rasen Svensk fjällko och röd Angus

Fjällko	12/13e revbenet			10/11e revbenet		
Ultraljudsmätning	<i>N</i>	<i>Medel</i>	<i>Standardavv.</i>	<i>N</i>	<i>Medel</i>	<i>Standardavv.</i>
Fettdjup (mm)	24	10	6,32	24	10	6,83
Muskeldjup (mm)	21	50	15,27	18	48	10,53
Marmorering (US)	22	5.24	0,89	21	4.96	1,09
Marmorering (SE)	22	2	0,66	21	2	0,59
Röd Angus	12/13e revbenet			10/11e revbenet		
Ultraljudsmätning	<i>N</i>	<i>Medel</i>	<i>Standardavv.</i>	<i>N</i>	<i>Medel</i>	<i>Standardavv.</i>
Fettdjup (mm)	3	9	4,44	3	10	4,96
Muskeldjup (mm)	3	60	13,99	3	64	15,23
Marmorering (US)	4	5.96	0,11	4	5.99	0,05
Marmorering (SE)	4	2	0,00	4	2	0,00

4 Diskussion

4.1 Bortfall av data

På grund av stort bortfall av data bygger dessa resultat på ett mindre datamaterial än förväntat. Resultaten för marmoreringsgraden har en relativt god grund med 91 observationer, medan resultaten för fettdjup och muskeldjup har betydligt färre observationer med 52 respektive 31. Det låga antalet observationer för fettdjup och muskeldjup beror på den låga bildkvaliteten. Tidigare studier har visat att ultraljudsteknikerns erfarenhet har betydelse för resultaten vid ultraljudsmätning (Emenheiser et al., 2014, Herring et al., 1994, McLaren et al., 1991). Den utbildade ultraljudstekniker som har använts i denna studie har gått en utbildning i USA men har arbetat med tekniken i mindre än ett år. Dessutom är majoriteten av bilderna som finns kvar och som har använts i denna studie tagna i början av perioden, vilket kan förklara varför ett stort antal bilder behövde sorteras bort. McLaren et al. (1991) visade att även erfarenheten hos den som analyserar bilderna har betydelse för resultatet. Den som analyserat bilderna i denna studien har ingen formell utbildning i analys och tolkning av ultraljudsbilder eller tidigare erfarenhet, vilket även kan ha påverkat andelen bilder som sorterats bort. Dock har Lynn Allen, försäljare av CPEC och en erfaren ultraljudstekniker, konsulterats avseende bland annat programinställningar och -funktioner, kontroll av kvalitet på bilderna och felsökning under arbetets gång. Anledningen till den stora mängd bilder som raderades innan de kvalitetsgranskats, och som därför inte har kunnat användas i studien, är den mänskliga faktorn och okunskap kring programvaran. Även detta kan förebyggas med mer erfarenhet och kunskap om mjukvaruprogrammet.

4.2 Bruksbesättningar

4.2.1 Marmorering

Korrelationen mellan ultraljudsmätning av marmoreringsgraden och slaktkroppsmätningen var $r = 0,46$ och $0,35$ ($p < 0,001$) för mätningar gjorda vid 12/13e revbenet respektive 10/11e revbenet. Tidigare studier som har jämfört ultraljudsmätningen med

visuell gradering på slaktkroppen har visat varierande resultat. Det finns inget standardiserat eller objektivet sätt att enkelt bedöma marmorering på slaktkroppen, vilket försvårar utvärderingen av metoden och jämförelse med andra studier. De studier som jämfört korrelationen mellan ultraljudsmätningen och en visuell gradering på slaktkroppen har gjort det mot USDA-skalan. I dessa studier är korrelationen mellan ultraljudsmätningen och slaktkroppsbedomningen $r=0,31-0,73$. Våra resultat ligger alltså i den nedre delen av detta spann. Detta beror troligen på att vi fortfarande saknar kunskap och erfarenhet om ultraljud. Den svenska marmoreringsskalan är dessutom indelad i färre nivåer jämfört med USDA-skalan. Eftersom skalan består av endast 5 steg och majoriteten av mätningarna graderats till 1 eller 2 ger korrelation inte särskilt tillförlitliga resultat utan det är lämpligare att hantera dessa variabler som kategoriska variabler. Fishers exakta test visade att det fanns ett signifikant samband mellan ultraljudsmätning av marmorering och slaktkroppens marmoreringsgrad. Resultaten visar att ultraljudsmätning av marmoreringsgraden överensstämde med bedömningen efter slakt i 48 % av mätningarna vid 12/13e revbenet och 52 % av fallen vid 10/11e revbenet. I en studie av Brethour (2000) kunde djuren klassas till rätt USDA-kvalitetsgrad med 75 % noggrannhet 1-4 månader innan slakt och Brethour (1990) kunde klassa djur med 77 % noggrannhet innan slakt. Den klassning som de använt på slaktkroppen har en grövre indelning av marmoreringsklasserna och kan förenklas till att de delat in djuren efter till klass 1 eller klass 2-3 enligt den svenska skalan. Troligtvis skulle något bättre resultat uppnås om vi delade in klassningen på samma sätt, men eftersom majoriteten av de djur som är felklassade har underskattats skulle resultaten troligtvis inte förändras betydande.

I en studie av Song et al. (2002) klassades djuren efter den koreanska skalan, där de använder fyra olika nivåer (0-3), där 0 är minst marmorering och 3 är mest. Deras resultat visade att djuren klassades till rätt kategori i 63 % av fallen vilket är något bättre än våra resultat. I den koreanska studien var det en större andel av dem som klassats som 1 och 2 med ultraljudet, som hade samma värde efter slakt. Vår studie visar bäst resultat för de djur som klassats som marmoreringsgrad 1 eller 2. Endast ett fåtal djur i vår studie klassades som högre än grad 2 med ultraljud, tre djur vid mätning vid 12/13e revbenet och 4 djur vid mätningar vid 10/11e revbenet, i förhållande till att hela 25 djur klassades som 3 eller högre på slaktkroppen. Detta tyder på att ultraljudsskanningen generellt har klassat djuren för lågt. De djur som klassats till marmoreringsgrad 3-5 på slaktkroppen var signifikant fetare (medel=17 mm, $p<0,001$) jämfört med de som klassats som 1-2 (medel=15 mm). Det är möjligt att djuren med högre marmoreringsgrad är fetare och därför svårare att skatta med ultraljud. Greiner et al. (2003) och Smith et al. (1992) fann båda att fettdjup var svårare att skatta på feta djur. Dock är skillnaderna i fettdjup i föreliggande studie relativt små och borde därför inte ha en avgörande betydelse.

En faktor som har betydelse för resultatet från ultraljudsmätningarna är den kalibrering av värdet för marmorering som görs i CPEC. Kalibreringen är en viktning av den uppmätta marmoreringsgraden, för att resultatet ska bli så nära det sanna värdet som möjligt. Anledningen till att en kalibrering behövs är att olika märken och modeller av ultraljudsmaskiner kan påverka vilken nivå de framräknade värdena hamnar på i CPEC. Kalibreringen utfördes av försäljaren i USA, genom att jämföra marmoreringsgraden mellan "vår" maskin och en av samma märke, men äldre modell, som fungerade som "facit". Kvaliteten på kalibreringen kan dock ifrågasättas då mätosäkerheten för den

andra maskinen inte är känd, mätningarna gjordes på ett fåtal djur och på djur som inte liknar vårt svenska djurmateriel. Kalibreringsvärdet, som har använts i denna studie har varit inställt på 0,75, efter diskussioner med försäljaren i USA, men det kan vara lämpligt att göra en ny kalibrering av maskinen och validera denna för att minska osäkerheten i resultatet. Detta förutsätter dock ett större datamaterial med större spridning, särskilt avseende djur med högre marmoringsgrad som det var relativt få av i denna studie.

4.2.2 Fettdjup

I denna studie var korrelationen mellan fettdjup uppmätt med ultraljud och fettdjup uppmätt på slaktkroppen $r=0,64$ för båda mätpositionerna. Denna korrelation är låg i förhållande till andra studier, där korrelationen varit mellan 0,81–0,99. Ryggfettets djup brukar alltså vara relativt enkelt att skatta. Resultaten i denna studie baserar sig endast på 52 observationer på grund av ett stort bortfall av data. Detta gör att resultaten kan bedömas som mindre säkra, men det förklarar troligtvis inte den stora avvikelser. Det är mer troligt att avvikelser beror på oerfarna ultraljudstekniker och bildtolkare. I början av studien, under vilken period majoriteten av den publicerade data kommer ifrån, hade teknikern problem med att få en bra bild av fettlagret vilket försvårar tolkningen av bilden.

Måttet av fettdjup var i genomsnitt 7,00 respektive 6,92 mm lägre för ultraljudsmätningen jämfört med slaktkroppsmätningen för positionen vid 12/13e revbenet respektive 10/11e revbenet. Fettdjupet på slaktkroppen varierade inom varje djur beroende på var mätningen gjordes, bara genom att förskjuta mätpunkten någon cm åt något håll. När huden dras av slaktkroppen kan fett följa med huden, men detta skulle istället ha motsatt effekt på resultaten. Slaktkroppsmätningen gjordes på den position där det fanns lite mer fett eller den punkt som ansågs ge det mest representativa fettdjupet. I en studie av Silva & Cadavez (2012), som gjorde ultraljudsmätning på får, diskuterades att fett kunde deformeras genom att ultraljudsproben trycktes för hårt mot ryggen. Om våra resultat delas in i två grupper, de 26 magraste djuren och de 26 fetaste djuren enligt slaktkroppsmätningen, visar resultaten att skillnaden mellan ultraljudsmätningen och slaktkroppsmätningen i genomsnitt är 3 mm för de tunnaste djuren och 12 mm för de fetaste djuren för mätningar gjorda vid 10/11e revbenet. Om probens tryck påverkar mätresultaten, bör både risken att det sker och effekten bli större på de fetaste djuren, vilket skulle kunna förklara varför resultaten visar en större avvikelse för fetare djur. En annan möjlig förklaring till resultaten är att tidigare studier har visat att det är svårare att skatta fettdjup på fetare djur och att dessa generellt underskattas (Greiner et al., 2003, Smith et al., 1992). Resultaten från aktuell studie baseras på mätningar av främst kor och kvigor, medan många andra studier framför allt gjort mätningar på stutar och tjurar. Det är därför troligt att vårt djurmateriel generellt är fetare jämfört med andra studier. Vi har endast funnit en studie av Emenheiser et al. (2014) som har gjort mätningar av ryggfett på köttaskor och då uppnått en korrelation på $r=0,91$ med ett genomsnittligt fettdjup på slaktkroppen på 7,7 mm. Djuren i vårt datamaterial hade i genomsnitt ett fettdjup på 16 mm (spridning 10-22 mm).

I denna studie har det endast gjorts jämförelser mellan ultraljudsmätning av fettdjup och slaktkroppsmätning av fettdjup. I framtida analyser skulle det vara intressant att även jämföra fettdjupet mot slaktkroppens fettklassning enligt EUROP-skalan.

4.2.3 Muskelstorlek

Korrelationen mellan muskeldjup uppmätt med ultraljud och muskeldjup fastställt på slaktkroppen var $r=0,51$ och $0,43$ för mätningar gjorda vid 12/13e revbenet respektive 10/11e revbenet. Resultaten visar även att slaktkroppens muskelarea var något starkare korrelerad med ultraljudsmätningen av muskeldjup ($r=0,54$ och $0,58$ för 12/13e revbenet respektive 10/11e revbenet) än vad slaktkroppens muskeldjup var. Det finns inga tidigare studier att jämföra med, eftersom de studier vi hittat antingen har mätt muskelarea med ultraljud (tvärsnittsbild av ryggmuskeln) eller jämfört muskeldjupet mot EUROP-formklass.

Bildkvaliteten på ultraljudsbilderna gjorde att muskeldjupet var svårt att bedöma och eftersom den nedre markören för fettdjup även används för att bestämma muskeldjup var det ett stort antal bilder som föll bort på grund av för dålig kvalitet. Resultaten baserar sig därför endast på mätningar av 31 djur. Detta i kombination med den generella kvaliteten på bilderna gör resultatet osäkert. I många fall var det svårt att urskilja några tecken på revben över huvud taget i bilderna och ibland sågs relativt tydliga markeringar, men det var osäkert om det var revben eller ej. För djur med väldigt hög marmorering kan det vara svårt att identifiera revbenen, eftersom fett skapar ett kompakt brus över hela bilden. Det var dock få djur i denna studie som hade så hög marmoreringsgrad och ändå relativt många bilder med ett likande kompakt brus. Detta tyder på att det snarare handlar om brister i kvaliteten på bilderna.

4.2.4 Mätposition

För både muskeldjup och marmorering var mätningen vid 12/13e revbenet starkare korrelerat med slaktkroppsvärdet jämfört med mätningen vid 10/11e revbenet. Dessa resultat är oväntade eftersom mätningarna vid 12/13e revbenet inte mäter i samma position som mätningen på slaktkroppen. Det finns inga tidigare studier som gjort mätningar specifikt vid 10/11e revbenet, eftersom den mesta forskningen kommer ifrån USA och Kanada där slaktkropparna parteras vid 12/13e revbenet. Enligt försäljaren av programvaran CPEC, kan *Spinalis*-muskeln bli synlig i bilden om man tar den från det 11/12e revbenet eller längre fram. Denna kan visa sig som en linje genom muskeln, vilket kan försvåra mätningen. Detta kan vara en förklaring till att muskelrelaterade korrelationer är sämre vid 10/11e revbenet. I samband med bildanalysen har det förekommit bilder där det gått en linje genom muskeln, men detta har förekommit både för bilder tagna vid 10/11e revbenet samt i bilder tagna vid 12/13e. Troligtvis finns det en annan förklaring till att linjen uppstår. När marmoreringsmätningarna jämfördes som kategoriska variabler var det dock mätningarna vid 10/11e revbenet som gav flest överensstämmande bedömningar av marmoreringsgraden före och efter slakt. Även här är skillnaderna väldigt små mellan mätpunkterna. Mätningarna av fettdjup hade samma korrelation för båda mätpunkterna. Det är endast när ultraljudsmätningen av muskeldjup jämförs mot slaktkroppens muskelarea som resultaten visar en starkare korrelation för mätningen gjord vid 10/11e revbenet även om skillnaden är liten. Det är troligt att slumpen är avgörande, eftersom det finns stor osäkerhet kring mätning av muskeldjup och antalet djur är få. Resultaten i denna studie är allt för osäkra för att dra någon slutsats kring vilken mätpunkt som fungerar bäst under svenska förhållanden. Det skulle vara önskvärt att utöka datamaterialet för att förbättra säkerheten i resultaten.

4.3 Avelsbesättningar

Då alltför litet datamaterial kunde användas i analysen på grund av dataförlusten och på grund av osäkerheten i mätvärdena som beskrivits ovan, går det inte att uttala sig om resultatet. Samtliga djur hade en relativt låg marmoreringsgrad och inga tydliga skillnader kunde ses mellan raserna. Fler djur från olika besättningar behöver ultraljudskannas för att det ska gå att urskilja några trender och validiteten i mätningarna behöver givetvis säkerställas. Det skulle även vara värdefullt att inkludera fler raser, särskilt lätta köttraser som Hereford.

Analysen av ultraljudsbilderna visade att det var svårt att göra bedömningar av bilderna på fjällkor, då det var problematiskt att identifiera gränsen mellan fettdjup och muskeln. Vad som gjorde att just dessa djur var svåra att mäta är oklart, men Greiner et al. (2003) har lyft utmaningen med att mäta djur med små muskler. För fjällkorna var ryggmuskeln betydligt mindre än för övriga raser, vilket gjorde att den ruta som programmet placerar ut för att bedöma marmoreringsgraden ofta delvis hamnade utanför muskeln. Detta gjorde att bedömningen av marmoreringen blev felaktig och att bilden därför behövde uteslutas från materialet. Det är möjligt att i programmet ändra storleken på rutan som bedömer marmorering, men det är olämpligt att göra eftersom mätningar med olika stor ruta inte är jämförbara mot varandra. I många fall är det möjligt att ändra positionen på proben och på så vis säkerställa att rutan hamnar inom muskeln, men detta måste göras i samband med skanningen och kan inte justeras i efterhand.

5 Slutsatser

Ultraljudsmätningarna av marmoreringsgrad visade på lovande resultat, men resultaten var svagare än en del tidigare studier vilket tyder på att det finns utrymme för förbättring. Generellt underskattades djurens marmoreringsgrad och särskilt djur med marmoreringsgrad 3 eller högre efter slakt uppvisade lägre värden med ultraljud. En anledning skulle kunna vara att djuren med hög marmoreringsgrad var mycket feta, vilket försvårar skanningen. En annan anledning skulle kunna vara en felaktig kalibrering av mjukvaruprogrammet CPEC, som gör att de uppmätta värdena viktas för lågt. Kalibreringen bör därför göras om och företrädesvis på svenskt djurmaterial. Ultraljudsmätningarna av fettdjup och muskeldjup avvek relativt mycket från de värden som uppmätts efter slakt, där fettdjupet generellt underskattades och muskeldjupet överskattades. Det är sannolikt att en bättre överensstämmelse mellan mätningarna före och efter slakt kan uppnås genom ökad kompetens och erfarenhet kring skanningsteknik, ultraljudsbildkvalitet och -analys samt handhavande av utrustning och program. För att kunna dra några säkrare slutsatser om ultraljudsteknikens möjligheter att mäta marmorering, fett- och muskeldjup, behöver vi bygga upp kompetensen och erfarenheten vad gäller ultraljudstekniken och samla in ett större datamaterial med mer spridning i framför allt marmoreringsgrader.

6 Referenser

- AASS, L., FRISTEDT, C. G. & GRESHAM, J. D. 2009. Ultrasound prediction of intramuscular fat content in lean cattle. *Livestock Science*, 125, 177-186.
- AASS, L., GRESHAM, J. D. & KLEMETS DAL, G. 2006. Prediction of intramuscular fat by ultrasound in lean cattle. *Livestock Science*, 101, 228-241.
- BAKER, M. J., TEDESCHI, L. O., FOX, D. G., HENNING, W. R. & KETCHEN, D. J. 2006. Using ultrasound measurements to predict body composition of yearling bulls. *Journal of Animal Science*, 84, 2666-2672.
- BRETHOUR, J. R. 1990. Relationship of ultrasound speckle to marbling score in cattle. *Journal of animal science*, 68, 2603-2613.
- BRETHOUR, J. R. 2000. Using serial ultrasound measures to generate models of marbling and backfat thickness changes in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 78, 2055-2061.
- CHAMBAZ, A., DUFEY, P. A., KREUZER, M. & GRESHAM, J. 2002. Sources of variation influencing the use of real-time ultrasound to predict intramuscular fat in live beef cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, 82, 133-139.
- EMENHEISER, J. C., NOTTER, D. R., LEWIS, R. M., TAIT, R. G., JR., SHACKELFORD, S. D., KUEHN, L. A. & WHEELER, T. L. 2014. Use of ultrasound scanning and body condition score to evaluate composition traits in mature beef cows. *Journal of Animal Science*, 92, 3868-3877.
- GREINER, S. P., ROUSE, G. H., WILSON, D. E., CUNDIFF, L. V. & WHEELER, T. L. 2003. The relationship between ultrasound measurements and carcass fat thickness and longissimus muscle area in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 81, 676-682.
- GUSTAFSSON, L. & LINDAHL, C. 2019. Tekniker för att mäta köttkvalitet och slaktkroppsegenskaper på nötkreatur och lamm före slakt. Skara/Uppsala: RISE Rapport 2019:76. Biovetenskap och material, Jordbruk och livsmedel.
- HARPER, G. & PETHICK, D. 2004. How might marbling begin? *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44, 653-662.
- HERRING, W. O., MILLER, D. C., BERTRAND, J. K. & BENYSHEK, L. L. 1994. Evaluation of machine, technician, and interpreter effects on ultrasonic measures of backfat and longissimus muscle area in beef-cattle. *Journal of Animal Science*, 72, 2216-2226.
- HOCQUETTE, J.-F., RICHARDSON, R. I., PRACHE, S., MEDALE, F., DUFFY, G. & SCOLLAN, N. D. 2005. The future trends for research on quality and safety of animal products. *Italian Journal of Animal Science*, 4, 49-72.
- JORDBRUKSVERKET. 1998. *Klassificering av slaktkroppar* [Online]. Available: https://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/ovr21.pdf [Accessed January 03, 2019].
- KOOHMARAIE, M., KENT, M. P., SHACKELFORD, S. D., VEISETH, E. & WHEELER, T. L. 2002. Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship? *Meat Sci*, 62, 345-52.
- LIVSMEDELSVERKET. 2018. *Fleromättat fett, omega-3, omega-6* [Online]. Available: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/naringsamne/fett/fleromattat-fett-omega-3-och-omega-6> [Accessed 2019-07-19].
- MCLAREN, D. G., NOVAKOFSKI, J., PARRETT, D. F., LO, L. L., SINGH, S. D., NEUMANN, K. R. & MCKEITH, F. K. 1991. A study of operator effects on ultrasonic measures of fat depth and longissimus muscle area in cattle, sheep and pigs. *Journal of Animal Science*, 69, 54-66.
- MENDES JORGE, A., ANDRIGHETTO, C., FRANCISCO, C. L., RAMOS, A. A., BONILHA PINHEIRO, R. S. & RODRIGUES, É. 2007. Correlations among

- carcass traits taken by ultrasound and after slaughter in Mediterranean (*Bubalus bubalis*) young bulls. *Italian Journal of Animal Science*, 6, 1160-1162.
- PANNIER, L., GARDNER, G. E., PEARCE, K. L., MCDONAGH, M., BALL, A. J., JACOB, R. H. & PETHICK, D. W. 2014. Associations of sire estimated breeding values and objective meat quality measurements with sensory scores in Australian lamb. *Meat Science*, 96, 1076-1087.
- PEÑA, F., MOLINA, A., JUÁREZ, M., REQUENA, F., AVILÉS, C., SANTOS, R., DOMENECH, V. & HORCADA, A. 2014a. Use of serial ultrasound measures in the study of growth- and breed-related changes of ultrasonic measurements and relationship with carcass measurements in lean cattle breeds. *Meat Science*, 96, 247-255.
- PEÑA, F., SANTOS, R., JUÁREZ, M., AVILÉS, C., DOMENECH, V., GONZÁLEZ, A., MARTÍNEZ, A. & MOLINA, A. 2014b. The use of ultrasound scanning at different times of the finishing period in lean cattle. *Livestock Science*, 167, 381-391.
- R CORE TEAM 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- RIBEIRO, F. R. B. & TEDESCHI, L. O. 2012. Using real-time ultrasound and carcass measurements to estimate total internal fat in beef cattle over different breed types and managements. *Journal of Animal Science*, 90, 3259-3265.
- SILVA, S. R. & CADAVEZ, V. P. 2012. Real-time ultrasound (RTU) imaging methods for quality control of meats. In: SUN, D.-W. (ed.) *Computer Vision Technology in the Food and Beverage Industries*. Woodhead Publishing.
- SMITH, M. T., OLTJEN, J. W., DOLEZAL, H. G., GILL, D. R. & BEHRENS, B. D. 1992. Evaluation of ultrasound for prediction of carcass fat thickness and longissimus muscle area in feedlot steers. *Journal of Animal Science*, 70, 29-37.
- SONG, Y. H., KIM, S. J. & LEE, S. K. 2002. Evaluation of ultrasound for prediction of carcass meat yield and meat quality in Korean native cattle (Hanwoo). *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 15, 591-595.
- STENBERG, H. 2012. *Ett svenskt system för kvalitetsklassificering av nötkött* [Online]. Available: <https://www.jordbruksverket.se/download/18.37e9ac46144f41921cd2d8f/1396012750613/Ett+svenskt+system+f%C3%B6r+kvalitetsklassificering+av+n%C3%B6tk%C3%B6tt.pdf> [Accessed January 03, 2019].
- SVENSKT KÖTT. 2019. *Klassificerings-metod* [Online]. Available: <https://www.svensktkott.se/om-kott/kottkvalitet/marmorering/klassificeringsmetod/> [Accessed 2019-07-19].
- WALL, P. B., ROUSE, G. H., WILSON, D. E., TAIT JR, R. G. & BUSBY, W. D. 2004. Use of ultrasound to predict body composition changes in steers at 100 and 65 days before slaughter. *Journal of Animal Science*, 82, 1621-1629.
- WARRISS, P. D. 2000. *Meat Science : An Introductory Text*, Wallingford, UNITED KINGDOM, CABI.
- WEBB, E. C. & O'NEILL, H. A. 2008. The animal fat paradox and meat quality. *Meat Science*, 80, 28-36.

Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,200 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

I internationell samverkan med akademi, näringsliv och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. RISE 2 200 medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. Vi erbjuder ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtidssäkra produkter, tekniker och tjänster. RISE Research Institutes of Sweden ägs av svenska staten.



RISE Research Institutes of Sweden AB
Box 7033, 750 07 UPPSALA
Telefon: 010-516 50 00
E-post: info@ri.se, Internet: www.ri.se

Jordbruk och livsmedel
RISE Rapport 2019:78
ISBN: 978-91-89049-07-9