



Faktorer som påverkar lammköttskvaliteten – en litteraturstudie

*Factors affecting the quality of lamb meat
- a literature review*

**Annelie Carlsson, Annika Arnesson och
Katarina Arvidsson Segerkvist**



Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för husdjurens miljö och hälsa
Avdelningen för Produktionssystem

Skara 2016

Rapport 42

*Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Animal Environment and Health
Section of Production Systems*

Report 42

ISSN 1652-2885

**Faktorer som påverkar lammköttskvaliteten
– en litteraturstudie**

*Factors affecting the quality of lamb meat
- a literature review*

**Annelie Carlsson, Annika Arnesson och
Katarina Arvidsson Segerkvist**

En litteraturstudie som ingår som en del i projektet ”Ökad kunskap om svensk lammköttskvalitet” och är finansierad av Stiftelsen Svensk Fårforskning.

FÖRORD

Denna litteraturstudie ingår som en del i projektet *Ökad kunskap om svensk lammköttskvalitet* och är finansierad av Stiftelsen Svensk Fårforskning. Huvudsyftet är att öka kunskapen om vad som påverkar svenskt lammköttets ätkvalitet och näringsinnehåll. Projektet syftar till att öka köttkvaliteten hos svenskt lammkött genom framtagande av optimerade rutiner från gården via slakteriet till handeln. Endast genom en ökad kännedom om vad som påverkar köttkvaliteten genom hela produktionskedjan kan köttkvaliteten öka, något som ytterligare skulle öka det svenska lammköttets mervärden. Därmed skapas förutsättningar för en ökad konkurrenskraft och lönsamhet för svenska fårägare.

Författarna

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	7
Frågeställningar att arbeta vidare med	8
INLEDNING	9
ALLMÄNT OM KÖTTKVALITET	11
Vad anser konsumenten är önskvärd köttkvalitet.....	11
Ätkvalitet	12
MUSKLER BLIR TILL KÖTT	15
Muskelns energiförsörjning och pH	15
Rigor mortis.....	15
pH-relaterade kvalitetsproblem	15
DFD	15
PSE	16
Påverkan av stress på pH.....	16
Rasens och könets inverkan på glykogenförråd och pH.....	17
Tillväxtens och utfodringens inverkan på glykogenförråd och pH	17
Branschrekommendationer på glykogennivåer och stresshantering	17
Kylning av slaktkroppen	18
Tid och temperatur mellan avlivning till rigor mortis	18
Rekommendationer pH och temperatur enligt branschorganisationer	19
Mörningsprocessen.....	19
Olika styckningsdetaljers mörhet	19
Torrmörning/hängmörning	19
Våtmörning/vakuummörning	20
METODER ATT MÄTA ÄTKVALITET	23
Mörhet	23
Warner-Bratzler metoden	23
Volodkevichmetoden.....	23
Sensorisk analys	23
Att mäta saftighet	23
Att mäta färg.....	24
Att mäta intramuskulärt fett	24
FETT OCH INTRAMUSKULÄRT FETT	25
Fettvävnadens tillväxt.....	25
Fettets fördelning och andel av slaktkroppen	25
Fett- och formklassning i Sverige.....	25
Fettets färg och konsistens	26
Intramuskulärt fett - marmorering	27
Samband mellan intramuskulärt fett och fettinnehåll.....	27
Samband intramuskulärt fett och styckningsdetalj	27
Intramuskulärt fettets påverkan på mörhet, saftighet och smak	27
Olika styckningsdetaljers smak	28
Genetiskt samband mellan intramuskulärt fett, fett, muskler och ätkvalitet	28
Hot och möjligheter med avel för egenskaper som intramuskulärt fett, fett och muskler.....	28
ÅLDERNS INVERKAN PÅ ÄTKVALITETEN	31
Mörhet	31
Smak.....	31

KÖNETS INVERKAN PÅ ÄTKVALITETEN	33
Mörhet	33
Intramuskulärt fett	33
Smak	33
RASENS INVERKAN PÅ ÄTKVALITETEN	35
Mörhet	35
Genetiska effekter som kan påverka mörhet	35
Intramuskulärt fett och fett	36
Saftighet	36
Smak	36
TILLVÄXTENS INVERKAN PÅ ÄTKVALITETEN	39
Mörhet	39
Intramuskulärt fett	39
Saftighet	39
Smak	39
UTFODRINGENS INVERKAN PÅ ÄTKVALITETEN	41
Mörhet	41
Saftighet	41
Smak	41
Grovfoder eller kraftfoderbaserade foderstater	41
Olika typer av grovfoder och beten	42
KÖTTFÄRG	43
Muskelns färgförändring	43
Vad påverkar färgstabilitet	43
NÄRINGSMÄSSIG KVALITET	45
UTBLICK I OMVÄRLDEN: PROGRAM/VERIFIERINGAR FÖR KÖTTKVALITET	47
Information om Meat Standards Australia	47
Bakgrund	47
Identifierade kritiska kontrollpunkter	48
Vad krävs för att köttet ska kunna MSA certifieras?	48
MSA - Omfattning och framtid	50
Kan skillnader i produktionsförhållanden mellan länder påverka ”best practice” vid kvalitetssäkring?	50
Smaktester	50
Köttbranschen	50
Stress	50
Gården och djuren	51
ABSTRACT	53
ORDLISTA	55
REFERENSER	57

SAMMANFATTNING

Konsumenter uppmärksammar och värdesätter lammköttets ätkvalitet allt mer både nationellt och internationellt. Ur ett kundperspektiv framhålls i internationella studier att ätkvalitets-egenskaper som smak, mörhet, saftighet och färg som viktigast. I de fåtaliga svenska studierna uttrycker svenska konsumenter snarlik prioritering men hänsyn måste tas till att olika individer, beroende på erfarenhet, tradition och smak, har olika önskemål och förväntningar. För att säkerställa att konsumenten får den ätkvalitet som den enskilde individen efterfrågar krävs att hela produktionskedjan har kunskap om vad som påverkar de efterfrågade egenskaperna och möjlighet att ge konsumenten information om det specifika köttets kvalitet.

I Sverige har satsningen på lammköttskvalitet hittills varit liten inom både forskningen och branschen. Internationellt har intresset varit större och de stora exportländerna har sedan länge satsat stora forskningsresurser på att undersöka konsumenternas önskemål, vad som påverkar ätkvaliteten i produktionskedjan och att utveckla genomarbetade kvalitetssäkringsprogram. I nuläget satsas mycket resurser på forskning om genomisk selektion för köttkvalitets-egenskaper.

Internationella erfarenheter visar att lammköttets ätkvalitet påverkas av många faktorer som t.ex. utfodring och hantering av både det levande djuret och slaktkroppen men även djurets ålder och kön. Djurets kön påverkar ätkvalitets-egenskaperna. Ett exempel är att tacklamm vanligen har högre andel intramuskulärt fett än jämförbara bagglamm. En annan och kanske mer betydelsefull skillnad mellan könen som norska undersökningar visat är risken att bagglamm äldre än fem till sex månader får en oönskad bismak. Till skillnad mot de stora lammproducerande länderna kastreras inte bagglamm i Norden vilket gör att bagglammens ätkvalitet inte är så väl utforskad internationellt.

Djurets ålder inverkar på flera ätkvalitets-egenskaper. Det är välkänt att köttet från äldre djur är mörkare samt har intensivare och starkare smak än kött från yngre djur. Kött från äldre djur upplevs ofta som segare då både andelen bindväv ökar och att den blir fastare. Samtidigt ökar det intramuskulära fettet med stigande ålder vilket kan mildra den negativa effekten på köttets mörhet av förändringarna i bindväven.

Det är svårt att uttala sig om svenska raser avviker från den internationella uppfattningen att ras i sig har liten påverkan på ätkvalitets-egenskaper då inga försök gjorts på inhemska rasers ätkvalitet. Ett av de internationella exemplen där det är belagt att ras påverkar ätkvaliteten är att stresskänsliga raser som ullrasen merino löper en högre risk för kvalitetsfelet DFD där drabbade djurs kött upplevs som torrt, hårt och med avvikande mörk färg. Det finns kopplingar mellan ätkvalitets-egenskaper (smak, mörhet, saftighet) och andelen intramuskulärt fett. Några studier visar att det kan finnas skillnader i andelen intramuskulärt fett mellan olika raser. Det är också undersökt att genetisk selektion inom en ras för låg fettansättning och hög andel muskelmassa, utan att samtidigt ta hänsyn till intramuskulärt fett, medför sämre ätkvalitet då andelen intramuskulärt fett tenderar att minska. Det intramuskulära fettet är mycket viktigt för ätkvaliteten då fett är en smakbärare samt bidrar positivt till köttets mörhet och saftighet.

Fodret bedöms ha inverkan på köttets färg och smak men har inte någon större inverkan på mörhet eller saftighet. Köttet från lamm uppfödda på enbart bete bedöms oftast i smaktester ha en intensivare och starkare lammsmak än kraftfoderuppfödda lamm som i sin tur beskrivs vara mildare i smaken. Försök med olika typer av betesgräs har haft liten inverkan på köttets

smak. Vissa växter, som t.ex. foderraps, kan ge bismak på köttet. Man har sett att om djuren utfodras med ett mer neutralt foder än foderraps de sista 7-14 dagarna innan slakt minskar risken för avvikande smak.

Att djuren är i tillväxt vid slakt är positivt för köttets mörhet, smak och saftighet. Kollagenet i bindväven omsätts snabbare i växande djur vilket förbättrar mörheten. Omvänt blir köttet seigare om djuret inte växer eller till och med minskar i vikt, då djuret för att näringsförsörja sig bryter ned muskelfibrer och intramuskulärt fett. Ett växande djur har också bättre förutsättningar att ha hög glykogennivå i musklerna. Djur som stressas under sista perioden innan slakt riskerar att tömma musklernas glykogenreserver vilket är negativt för köttets ätkvalitet. Branschrekommendationerna i t ex Australien, Nya Zeeland och England är att djuren ska växa ca 100-150 g/dag vid slakt och att de ska hanteras så stressfritt som möjligt på gården, under transporten och på slakteriet.

Hantering av det levande djuret och slaktkroppen på slakteriet har mycket stor betydelse för ätkvalitetsegenskaperna. Om pH inte sjunker till önskad nivå på grund av brist på glykogen eller om nedkylningen av kroppen inte görs på rätt sätt finns stor risk för att köttet blir segt och i vissa fall torrt. Det är mycket viktigt att slakterierna har god kontroll över hela processen och följer pH-utvecklingen i slaktkropparna och slaktkroppens temperatur under kylningen. Erfarenheter från Australien visar att det är en stor fördel för ätkvaliteten om lammet möras genom hängning eller vakuummörning. Rekommendationen är att akilleshängda slaktkroppar som inte är elstimulerade bör hängas i ca 10 dagar vid 1 °C. Om slaktkroppens bäckenbenshängs eller elstimuleras kan hängningstiden sänkas till 5 dagar. Rätt utförd elstimulering av slaktkroppen ger också förutsättningar för jämnare köttkvalitet.

Frågeställningar att arbeta vidare med

De erfarenheter och resultat som finns om ätkvalitet hos lammkött baseras på internationella produktionsmodeller, raser och konsumentönskemål. Det finns mycket få studier utförda under svenska förhållanden vilket gör att det är svårt att bedöma om råd och rekommendationer är överförbara till svensk lammproduktion eller om de behöver modifieras. Frågeställningar som kan vara relevanta att undersöka närmare är:

- Om svenska konsumenter anser att det finns skillnader i ätkvalitet mellan lamm som är helt betesuppfödda, helt grovfoderuppfödda eller uppfödda på grovfoder kompletterat med kraftfoder.
- Om det finns några objektivt mätbara köttkvalitetsparametrar som fettsyramönster, färg m.m. som skiljer sig åt beroende på produktionsmodell.
- Om olika kraftfodertyper och nivåer har inverkan på ätkvaliteten.
- Om olika tillväxthastigheter vid höstslakt påverkar ätkvaliteten.
- Om det finns påverkan på smak om vårfödda baggar slaktas som vinterlamm påföljande stallsäsong.
- Om det finns påverkan på ätkvaliteten beroende på om vårslaktade lamm är vinterlamm födda i april och slaktade följande vår eller om de är vinterfödda lamm slaktade vid ca 4 månaders ålder.
- Om det finns rasskillnader i andel intramuskulärt fett hos slaktmogna djur.

INLEDNING

Genom en ökad kunskap om vägen till ett svenskt lammkött av hög kvalitet ska vi öka konkurrenskraften för svenska lammproducenter och svenskt lammkött. Svenskt lammkött har hög preferens hos konsument gällande djuromsorg och naturvård, för detta erhålls ett visst mervärde. Detta mervärde är dock inte tillräckligt stort för att ge den stimulans som näringen behöver för att utvecklas i samma positiva takt som lammkötskonsumtionen gör. Trots en ökad inhemska produktion så förloras marknadsandelar till förmån för import. I dagsläget importeras mer än 70 % av lammköttet som konsumeras i Sverige. Vid samtal med uppköpare av lamm framkommer kritik om svenska lamms ojämna köttkvalitet vilket kunden reagerar negativt på. I Sverige använder man bl.a. flera olika sorters lamm inom samma koncept vid försäljning vilket skapar denna heterogenitet, detta mycket beroende på kunskapsbrist om vad som påverkar köttkvaliteten samt p.g.a. bristande volymtillgång. En förutsättning för att svenskt lammkött ska kunna konkurrera med importerat lammkött, som allmänt är en mer homogen produkt, är att vi producerar svenskt kött som ger konsumenten en god smakupplevelse.

I den här rapporten läggs fokus på köttets sensoriska ätkvalitet samt dess visuella och näringsmässiga kvalitet. Andra köttkvalitetssegenskaper som är viktiga för konsumenten som djurens ursprung, djuromsorg, hygienisk kvalitet m.m. omfattas inte av denna litteraturstudie.

ALLMÄNT OM KÖTTKVALITET

Köttkvalitet är ett vitt begrepp som inkluderar köttets visuella och sensoriska egenskaper, förtroende/tilltro om säkerhet och hälsa samt till egenskaper relaterade till etiska parametrar i produktionssystemet (Tabell 1).

Tabell 1. Huvudkomponenterna i köttkvalitet (Warriss, 2009)

Huvudgrupper	Parametrar
Utbyte och slaktkroppssammansättning	Kvantitet säljbar produkt Förhållandet mellan muskel (kött) och fett Muskelns form och storlek
Visuella och teknologiska egenskaper	Fettets struktur och färg Grad av marmorering (intramuskulärt fett) Köttets färg och vattenhållande kapacitet Köttets kemiska sammansättning
Ätkvalitet (sensorisk kvalitet)	Struktur och mörhet Saftighet Smak Lukt
Hälsoaspekter	Näringsmässig kvalitet Kemisk säkerhet Mikrobiologisk säkerhet
Etisk kvalitet	Acceptabel djurhållning

Vad anser konsumenten är önskvärd köttkvalitet

Resultaten från konsumentundersökningar om vad som är bra köttkvalitet varierar. De skiftande resultaten kan bero på hur undersökningarna genomförts och vilka frågor som ställts. En annan förklaring är att köttkvalitet har en personlig betydelse beroende på konsumenternas önskemål och behov, erfarenheter och kulturell bakgrund (Tilman, 2000; Warriss, 2009). Innebörden av termen köttkvalitet förändras också över tid (Warriss, 2009; Bernués et al., 2012).

Flera marknadsundersökningar visar att lammköttets ursprung prioriteras mycket högt vid konsumentens köpbeslut men även ätkvalitet, uppfödningssystem och pris är viktiga egenskaper. Till exempel svarade de norska och italienska konsumenterna som deltog i en intervjuundersökning att de föredrog kött producerat i sitt respektive hemland före importerat kött, och att de hellre valde kött från lamm som betat på bergsbete jämfört med åkermarksbete (Hersleth et al., 2012). Även i en konsumentundersökning genomförd av Font i Furnols et al. (2011), där vikten av ursprung, uppfödningssystem och pris rangordnades, uppgav de intervjuade konsumenterna i samtliga deltagande länder (Storbritannien, Spanien och Frankrike) att ursprunget var den tyngst vägande faktorn vid valet av kött och i första hand valdes inhemskt producerat kött. Näst viktigast var uppfödningssystem där flertalet uppgav att de föredrog gräsuppfödda lamm och i allmänhet hade priset lägst betydelse. I samma undersökning fick deltagarna även genomföra smaktester av kött från djur uppfödda i Uruguay på, för konsumenterna okända, fyra olika foderstater: 1) enbart bete, 2) bete och mindre giva kraftfoder, 3) bete och större giva kraftfoder samt 3) feedlots med kraftfoderdominerad foderstat. Det visade sig då att flertalet konsumenter från Storbritannien och Spanien föredrog kött från djur som fått grovfoder och en mindre giva kraftfoder, och inte kött från betesuppfödda lamm som man först uppgett.

Ätkvalitet

Även om konsumenten i första hand väljer lammkött från det egna landet krävs att andra kvalitetsmått, som sensorisk och visuell kvalitet, uppfyller förväntningarna för att konsumenten långsiktigt ska vara nöjd. Prioriteringen mellan olika sensoriska egenskaper kan variera men sammantaget är smak, mörhet och saftighet de egenskaper som oftast nämns som viktigast (Glitsch, 2000; Pethick et al., 2006). Köttets färg och näringsmässig kvalitet är andra viktiga egenskaper (Warriss, 2009). Branschorganisationer som AHDB¹ i England, MSA² i Australien m.fl. ansluter sig till uppfattningen att kunderna prioriterar egenskaper som smak och mörhet. Konsumenterna i Australien uppger att de är beredda att betala mer för kött av hög kvalitet, speciellt om kvaliteten är garanterad. MSA i Australien kvalitetsgraderar köttet på en fyrgradig skala, två till fem stjärnor. Konsumenterna är villiga att betala dubbelt så mycket för kött som uppfyller kvalitetsspecifikationerna för den femstjärniga, premium kvaliteten jämfört med kött av ”bra vardagskvalitet” som uppfyller specifikationerna för tre stjärnor. Betalningsviljan för det ospecificerade, tvåstjärniga köttet är hälften jämfört med det trestjärniga köttet. (AMPC, 2015c).

Mörhet

Konsumenter anser att lammkött i allmänhet är ett mörkt köttslag och att variationen i mörhet är mindre jämfört med kött från andra djurslag (Matthews, 2012). Samtidigt anses mörhet vara en av de högst värderade ätkvalitetsegenskaperna vilket gör att det är viktigt för kundnöjdheten att köttets mörhet uppfyller förväntningarna (Pannier et al., 2014a).

Saftighet

Ett saftigt kött uppfattas som mer mörkt i jämförelse med ett kött med lägre saftighet. Köttets vattenhållande förmåga har därigenom betydelse för köttkvaliteten. Lägre vattenhållande förmåga bidrar också till ökad vikt förlust (Warriss, 2009).

Smak

Rätt kött har en ganska svag smak och det är först när köttet tillagas som den karaktäristiska köttsmaken kommer fram. Under tillagningen sker reaktioner i fett- och köttvävnad som bildar olika karaktäristiska slutprodukter. Varje djurslag har en specifik uppsättning av smaker som ger den artspecifika karaktären (Mottram, 1998). Framförallt nämns tre grenade fettsyror (BCFA: 4-methyloctanoic acid-MOA, 4-methylnonanoic acid-MNA, 4-ethyloctanoic-EOA) som kan kopplas till stark, intensiv fårsmak (Sutherland & Ames, 1996; Martínez-Cerezo et al., 2005; Watkins et al., 2010; Watkins et al., 2013). I engelsk litteratur används oftast uttryck som ”flavour” när man uttrycker smakupplevelse om köttet. De engelska begreppen är något vidare än det svenska ordet ”smak” och innehåller fler egenskaper som påverkar smakupplevelsen. Ibland används begreppen flavour i kombination med uttrycket ”aroma” som kan översättas med doft. Ord och begrepp som används för att beskriva köttets smak kan vara ”smak av får” som associerar till smaken av ett äldre djur och ”gräsmak” förknippas med smaken på kött från betande djur (Young et al., 1997).

Vad är bra smak?

Vad som anses vara en bra, eller rätt, smak på lammkött skiljer sig mellan olika personer. Resultat från smakpaneler måste tolkas med försiktighet och inte generaliseras då konsumenter från olika länder, beroende på lokala preferenser, vana och tradition, föredrar olika smaker, en uppfattning som stöds av fler forskare (Sañudo et al., 1998a; Sañudo et al., 1998b). Vana lammköttkonsumenter föredrar ofta kött med en tydlig, intensiv lammsmak.

¹AHDB (Agriculture and Horticulture Development Board, www.beefandlamb.ahdb.org.uk)

²MSA (Meat Standard Australia, del av MLA, www.mla.com.au/Home)

Konsumenter i stora fårländer som Nya Zeeland och Storbritannien uppskattar oftast lammkött med en karaktäristisk och tydlig smak av lamm uppfödda på bete. Andra mer ovana konsumenter kan ha svårt att uppskatta även mild smak av lamm (Fisher et al., 2000; Sañudo et al., 2000; Prescott et al., 2001; Watkins et al., 2013).

MUSKLER BLIR TILL KÖTT

Följande avsnitt ger en översiktlig beskrivning av vad som händer med musklerna i slaktkroppen i samband med avlivning, mörning m.m. Om inget annat anges är källan främst Warriss (2009), uppgifter från branschen är hämtade från MLA och AHDB.

Muskelns energiförsörjning och pH

Musklernas energiförsörjning är komplicerad och kan ske på flera sätt beroende på olika faktorer. Energiförsörjning till den levande, arbetande muskeln sker i form av adenosintrifosfat (ATP). Under normala förhållanden bildas ATP i muskeln av glukos eller fria fettsyror som förts dit med blodet. I muskelfibrerna finns också energiförråd lagrade i form av glykogen som muskeln kan använda då den normala näringstillförseln via blodet inte räcker till. Glykogen används också som energikälla under anaeroba förhållanden, t.ex. vid stress eller vid kraftig ansträngning. Vid den anaeroba nedbrytningen av glykogen bildas mjölksyra.

Då djuret avlivas upphör blodets tillförsel av syre, glukos och fria fettsyror till muskeln. Muskelns energiförsörjning övergår till anaerob nedbrytning av muskelns glykogenförråd. Då blodet inte för bort restprodukter sker en ansamling av mjölksyra i muskeln och pH sjunker gradvis under optimala förhållanden från den normala nivån 7,2 i ett levande djur ner till ca pH 5,5 i det slaktade djuret. En process som hos får tar ca 12-24 timmar och hos nöt ca 15-36 timmar beroende på bl. a. omgivningstemperaturen. Nivån på pH-fallet är nära kopplat till muskelns glykogeninnehåll. Finns tillräckligt med glykogen upphör mjölksyrabildningen först när enzymsystemet inte längre fungerar på grund av att pH nått nivån på ca pH 5,5. Optimalt innehåll av glykogen vid slaktillfället är ca 1,5 g per 100 g muskel. Om glykogenförrådet är lägre än ca 0,8 g per 100 g muskel vid avlivningen räcker energin inte till och pH-sänkningen blir mindre (MLA, 2015a).

Rigor mortis

Efter att djuret avlivas fortsätter musklerna att arbeta och de energiförsörjs genom nedbrytning av glykogen till ATP. Då muskelns förråd av ATP är slut bildar aktin- och myosinmolekyler aktomysin och muskelns töjbarhet upphör. Effekten blir att musklerna stannar i ett kontraherat tillstånd - rigor mortis ("likstelhet"). Efter en tid går rigor mortis tillbaka och muskeln blir mörare till följd av enzymatiska reaktioner. Tiden mellan slakt och rigor mortis beror på muskelns glykogenförråd vid slaktillfället samt hur snabbt slaktkroppstemperaturen sjunker. Rigor mortis kan inträffa vid olika pH nivåer beroende på muskelns glykogennivå. MLA anger att rigor mortis inträder vid ca pH 6 under förutsättning att slaktkroppens glykogeninnehåll är tillräckligt och att slaktkroppen kyls på ett korrekt sätt.

pH-relaterade kvalitetsproblem

Några kvalitetsbrister är DFD (Dark, Firm, Dry), och PSE (Pale, Soft, Exudative) som både leder till ekonomiska förluster och risk för missnöjda kunder. Båda problemen är till stor del en följd av felaktig hantering av djuren innan och vid slakt.

DFD

Vid kvalitetsfelet DFD blir köttet mörkt, hårt och torrt, ibland benämns det i litteraturen som "dark cutting". Karaktäristiskt för DFD-kött är den slutliga höga pH-nivån (>6). DFD uppstår då djuret varit utsatt för t.ex. långvarig stress som leder till att musklerna förbrukat glykogenförrådet innan slakt. Effekten blir att mjölksyrabildningen blir otillräckligt och pH i slaktkroppen sänks inte till den önskade nivån på ca 5,5. Den ofullständiga pH-sänkningen medför att muskelproteinerna förblir ganska opåverkade och denaturerar inte. Följden blir att köttsaften

är hårt bunden i muskelproteinerna samt att muskelfibrerna förblir tätt packade. Köttet upplevs därför som hårt och torrt och köttfärgen förblir mörk och matt. Den höga pH-nivån i DFD-kött gör det också extra utsatt för bakterietillväxt, vilket försämrar hållbarheten (Newton & Gill, 1981) och kan leda till andra kvalitetsproblem som oönskade färgförändringar och avvikande lukt.

Vakuumpförpackat DFD-kött kan genom anaeroba, bakteriella och kemiska reaktioner bli grönskimmrande. Australiensiska köttexportörer har uppmärksammat problemet med ”grönt kött”. I en stor undersökning av olika slaktdetaljer på 1 600 lamm konstaterades att faktorerna ras, årstid vid slakt, elstimulering och slaktvikt påverkar frekvensen av kroppar med pH>6 och mörkfärgat kött. Merinolamm hade signifikant högre pH än andra raser. Sannolik orsak till att de höstslaktade lammerna uppvisade högre andel mörkfärgat kött och högre pH var sämre näringsförsörjning från det näringsfattiga höstbetet. Tunga slaktkroppar hade lägre pH och lägre frekvens mörkt kött (McPhail et al., 2014).

PSE

Kvalitetsfelet PSE leder till att köttet upplevs som blekt, mjukt och blött. PSE uppstår om djuren stressas nära slaktillfället vilket leder till att processen med nedbrytningen av glykogen med åtföljande mjölksyrabilning är kraftig redan vid slakt. Detta leder i sin tur till en mycket snabb pH-sänkning samtidigt som slaktkroppen är varm. Karaktäristiskt för PSE-kött är att pH är ca 5,8-6 redan 45 minuter efter slakt. Kvalitetsfelet är vanligast i griskött men det finns exempel på PSE-problem även hos andra djurslag som lamm, får och nöt. PSE är väl utforskad och åtgärdad inom traditionell grisslakt, men mindre undersökt inom andra djurslag.

Påverkan av stress på pH

Det råder skilda uppfattningar om hur stresskänsliga lamm är och hur stor påverkan stressen har på lammköttkvaliteten. Det ligger nära till hands att få uppfattningen att lamm är mycket stresskänsliga när man tar del av branschens många gånger detaljerade råd om hur lamm bör hanteras inför slakt för att minimera stressrelaterade kvalitetsförsämringar. Andra källor, som t.ex. Hadley (2015), menar att lamm inte är lika stresskänsliga som nöt och därför är DFD ett mindre problem i lammslakten jämfört med slakt av nöt. En bakgrund till rekommendationerna från branschen kan vara erfarenheter av höga DFD nivåer då lamm och får utsatts för kraftig stress. Warriss (2009) nämner exempel från Nya Zeeland där frekvensen av DFD varit mycket hög hos smutsiga djur som innan slakt tvingats simma upprepade gånger i vatten för att bli tillräckligt rena. Ett annat australiensiskt exempel är från 80-talet då nyklippta djur med negativ näringsstatus uppvisade en DFD-frekvens på 80 % jämfört med kontrollgrupper som låg på 12 % DFD. Senare studier har visat mindre påverkan av stress på köttkvaliteten, men oftast har djuren i dessa försök utsatts för jämförelsevis mildare stress. Bond et al. (2004) såg att lamm som stressades genom att vallas med hund två gånger fem minuter, med 30 sekunders vila mellan passen, hade lägre glykogennivå och högre pH i muskeln efter slakt jämfört med de som inte vallats. Köttkvaliteten på de vallade djuren var lägre då det gäller vätskeförlust men var inte sämre än kontrollgruppen. I en argentinsk undersökning studerades hur hantering med varierade stressnivåer före slakt påverkade merinolamms köttkvalitet (Zimerman et al., 2013). Tre djurgrupper fick olika behandlingar. En grupp var utan foder i 24 timmar men med tillgång till vatten, en annan grupp förflyttades gående före slakt i lågt tempo i 30 minuter och en tredje grupp utsattes för hundskall i fem minuter före slakt. Resultatet visade att de olika behandlingarna hade inverkan på fysiologiska parametrar men ingen skillnad kunde påvisas på köttets pH, färg, skärmotstånd eller vattenhållande förmåga. Författarna påpekade att en mer långvarig eller högre stressnivå kunde ge ett annat resultat (Zimerman et al., 2013).

Rasens och könets inverkan på glykogenförråd och pH

Vid flera undersökningar av pH i slaktkroppar har renrasiga merinolamm och lamm med stor andel merino haft högre pH än lamm av andra raskombinationer (Hopkins & Fogarty, 1998; Hopkins et al., 2007c). En förklaring till högre pH-värde kan vara att djur av rasen merino tycks vara mer stresskänsliga än andra raser, något som styrks av Gardner et al. (1999) som fann att djur av rasen merino förlorade en stor andel av sitt glykogenförråd då de utsattes för stark stress. Hopkins et al. (2005a) har visat att djur av rasen merino kan ha samma pH-nivå i slaktkroppen som andra raser om de hanteras varsamt under förhållanden med låg stressnivå.

Alliancegroup (2010) studerade på sin försöksgård i Nya Zeeland om lammens kön påverkar köttets pH. Undersökningen omfattade en grupp om 200 enfödda bagglamm, kastrater respektive kryptokider som slaktades vid 6, 8, 10, 11 och 13 månaders ålder. Det var ett signifikant lägre pH i köttet från kastrater vid 10 och 11 månaders ålder jämfört med kött från bagglamm. Däremot var det ingen skillnad i pH mellan könen vid 6, 8 eller 13 månaders ålder. Skillnader i köttets pH gav ingen skillnad vid smaktester på mörhet eller ätkvaliteten. Inga uppgifter finns om djurens tillväxt, intramuskulära fett, glykogennivån före eller i samband med slakt eller om baggarna var sexuellt aktiva vid 10-11 månaders ålder.

Tillväxtens och utfodringens inverkan på glykogenförråd och pH

Studier visar att intensivt uppfödda djur med en hög tillväxt i flera fall haft lägre pH i slaktkroppen än extensivt uppfödda och långsamväxande djur. Hopkins et al. (2005b) jämförde lamm utfodrade med hög respektive låg intensitet och fann att pH och köttets skärmtstånd var högre hos de lamm som utfodrats restriktivt. Campbell et al. (2012) jämförde pH i slaktkropparna från lamm som i snitt växt 230 g/dag med lamm som i snitt växt 300 g/dag. Gruppen med lägst tillväxt hade signifikant ($p < 0,05$) högre pH än gruppen med högre tillväxt. Pethick et al. (2005) undersökte hur olika utfodringsstrategier innan slakt påverkar bl.a. glykogennivåer och pH. De fördelade 196 st. sex månader gamla lamm på fyra försöksled med olika utfodringsstrategier: 1) enbart bete, 2) beteslamm som utfodrats med halm de sista 12-16 dagarna innan slakt, 3) bete och kraftfoder med medelhög energinivå och 4) utfodring av högennergikraftfoder i feedlots. Grupperna jämfördes med avseende på bl. a. glykogennivå i både levande djur och slaktkropp samt pH i slaktkropp. De lamm som var slutuppfödda på halm hade lägst glykogeninnehåll i musklerna både före och efter slakt samt högst pH och lägst andel intramuskulärt fett. Lammen som fick högennergifoder i feedlots hade högst glykogeninnehåll vid provtagning på gård men vid slakt hade lammen både högre pH och lägre glykogeninnehåll än lammen som enbart betat eller utfodrats med kraftfoder och bete. Orsaken till detta oväntade resultat kunde inte förklaras.

Branschrekommendationer på glykogennivåer och stresshantering

Syftet med branschens rekommendationer är att säkerställa att väl fyllda glykogendepåer och minimal stress ska minska risken för ogynnsam pH-nivå i köttet (QMS, 2005; Alliancegroup, 2010; MLA, 2015a). Branschrekommendationer i Australien, Nya Zeeland och Skottland är, som tidigare nämnts, mycket tydliga med att djuren ska vara i tillväxtfas vid slakt. Tillräcklig glykogendepå anser branschen uppnås om lammen har en tillväxt på minst 100 g per dag. För djur av rasen merino rekommenderas en tillväxt på 150 g per dag (MLA, 2015a). Optimalt innehåll av glykogen i muskeln är ca 1,5 g per 100 g muskel vid slakttillfället. Nivåer ned mot 0,8 g glykogen per 100 g muskel anses vara för lågt för att kunna trygga en optimal pH sänkning.

Man är också mån om att stress ska undvikas i samtliga hanteringsled för att säkerställa att glykogennivån är tillräcklig vid slakt. För att undvika, eller åtminstone minimera, stress rekommenderas t.ex. att djuren inte får klippas senare än två veckor innan slakt och att de maximalt får vara utan foder 48 timmar innan slakt. Andra rekommendationer fokuserar på hantering vid t.ex. samling, lastning och transport som kan upplevas stressande och ska undvikas i görligaste mån. Exempel som nämns är att hundar ska användas med försiktighet, djur från olika besättningar och särskilda könssorterade grupper ska inte blandas vid uppsamling på gård, transport eller på slakteri.

Kylning av slaktkroppen

Tid och temperatur mellan avlivning till rigor mortis

Relationen mellan nedkylningstid och slaktkroppens temperatur mellan avlivning och rigor mortis är komplex men mycket viktig för köttkvaliteten. Utöver tekniska kyllosningar påverkar faktorer som slaktkroppens storlek och tjockleken på det yttre, skyddande fettlagret optimal nedkylningstid och slaktkroppstemperatur från avlivning till rigor mortis.

Värmesammandragning

Om slaktkroppen kyls för långsamt kan pH-fallet gå för hastigt då de kemiska och enzymatiska reaktionerna sker snabbare vid hög temperatur. Om slaktkroppens temperatur är högre än 35 °C då rigor mortis inträder är musklerna benägna att drabbas av värmesammandragning. Detta kan leda till kvalitetsproblem som segt kött, att köttet släpper vätska och får en blek färg. Problemet kan uppstå vid felaktigt utförd elstimulering eller vid otillräcklig kylkapacitet.

Kylsammandragning

Om slaktkroppen kyls ner till ca 8-10 °C innan den nått rigor mortis finns risk för att köttet blir segt på grund av kylsammandragning. Lamm är känsligare för detta problem än andra djurslag då lamm har en liten slaktkropp som snabbt blir genomkyld. Magra slaktkroppar har lättare för att drabbas av kylsammandragning än feta kroppar då fettkappan skyddar kroppen mot snabb temperatursänkning.

Med en långsam nedkylning minskar risken för köldssammandragning av musklerna samtidigt som aktiviteten av proteolytiska (proteinnedbrytande) enzymer ökar, vilket förbättrar mörheten (Hanekom, 2010). En generell rekommendation för att undvika problem med kylsammandragning är att slaktkroppstemperaturen inte får understiga 10 °C under de första 10 timmarna efter slakt.

Elektrisk stimulering av slaktkroppen

Risken för att köttet ska bli segt på grund av kylsammandragning kan minskas genom att slaktkroppen elstimuleras direkt efter slakt. Slaktkroppen når rigor mortis snabbare genom att elstimuleringen påskyndar de normala post mortem-processerna. När en muskel dras samman av el-impulserna bryts glykogenet ner vilket främjar ett hastigare pH-fall och att rigor mortis uppnås snabbare. Elstimuleringen anses också förbättra mörhet, utseende, hållbarhet och eventuellt också smak. (Warriss, 2009; MLA, 2015a). Nyttan med elstimulering är inte lika stor om slaktkroppstemperaturen är 8-18 °C vid rigor mortis samt att kroppen kyls lagras minst 10 dagar innan konsumtionstillfället (MLA, 2015a).

Både MLA i Australien och AHDB i England har rekommendationer för hur elektrisk stimulering ska utföras och följas upp för att säkerställa processen.

Rekommendationer pH och temperatur enligt branschorganisationer

För att nå avsedd produktkvalitet är det viktigt att processen vid slakt, oavsett teknisk lösning, fortlöper på rätt sätt. Både MLA och AHDB (AHDB, 2011) har identifierat lämpliga pH- och temperaturnivåer beroende på produktionsmetod. Grundläggande är god kontroll på processen för att nå optimalt pH. För att fastställa vid vilken slaktkroppstemperatur och efter vilken nedkylningstid slaktkroppen når ca pH 6 bör pH och temperatur mätas vid flera tillfällen efter slakt. När kyltemperaturer m.m. ställts in, processen fungerar väl och rutinerna är fastställda bör uppföljande kontroll och verifiering av rutinerna göras några gånger per år.

- Om elstimulering används: kontrollera pH och temperatur omedelbart efter slakt och därefter var 30 min tills pH 6 är nått. Slaktkroppstemperaturen vid rigor mortis ska vara under 35 °C.
- Om elstimulering inte används: rekommenderas att kontrollera pH och temperatur 45 min efter slakt och därefter var 30 min tills pH 6 är nått. Slaktkroppstemperatur vid rigor mortis ska vara över 18 °C.

Dagligen bör följande punkter följas upp:

- Om elstimulering används: ta dagligen stickprov för att kontrollera pH och temperatur omedelbart efter elstimulering.
- Om elstimulering inte används: logga temperaturer och mät pH på ca 10 kroppar per dag vid en bestämd tid efter slakt.

I MLA:s HACCP-system är slaktkroppens pH-fall och slaktkroppstemperaturen definierad som en kontrollpunkt som kräver kontinuerlig övervakning.

Mörningsprocessen

Under mörningsprocessen utvecklas sensoriska egenskaper i köttet och det blir mörare, smakrikare och saftigare. Hur mör köttet blir och hur snabbt det går beror på faktorer både före och efter rigor mortis.

Mörningen går snabbare i höga temperaturer, varje höjning med 10 °C fördubblar mörningseffekten. Samtidigt medför en högre temperatur en ökad risk för hygieniska kvalitetsproblem. Vanligen rekommenderas en mörningstemperatur på ca +1 °C för att mörningen ska ske under hygieniskt bra förhållanden. Rekommenderad mörningstid för lamm anges till 7-14 dagar och ett riktvärde är att 80 % av maximal mörhet har uppnåtts efter 7-8 dagar vid +1 °C. Därefter är det oftast inte ekonomiskt försvarbart i relation till mörningseffekten att möra köttet längre.

Olika styckningsdetaljers mörhet

Muskler består av muskelfibrer som är omgivna av stödjande bindväv som innehåller proteinet kollagen, vilket stabiliserar och stärker muskeln. Muskler har olika stor andel kollagen beroende på vilken funktion muskeln har och var den sitter i kroppen. Muskler som sällan används, t.ex. filén, innehåller lite kollagen och upplevs som mör. Däremot muskler som används mycket och ofta innehåller mer bindväv och upplevs som segare (Warriss, 2009).

Tormörning/hängmörning

För att musklerna ska vara så utsträckta som möjligt när rigor mortis inträder hängs vanligen slaktkropparna. Två metoder av hängmörning kan användas, akilleshängning och bäckenbenshängning (Figur 1). I båda fallen hängs slaktkroppen ostyckad i kyla. Det ställs stora krav på kylkapacitet, kyltemperatur samt luftfuktighet och ventilation i kylarna för att förhindra mikrobiella angrepp. Under hängtiden uppstår svinn dels genom vikt förluster, dels genom ytliga förändringar på slaktkroppen som måste putsas bort.

Akilleshängning

Traditionellt har slaktkroppar hängts i akillessenan (Figur 1). En risk med akilleshängning är att metoden medför att ytterlårsmuskeln inte sträcks ut utan tvärtom drar ihop sig vid rigor mortis vilket kan leda till ett något segare kött (MLA, 2015a, b).



Figur 1. Slaktkroppen till vänster är bäckenbenshängd och den högra akilleshängd (MLA (www.rare-medium.com.au)).

Bäckenbenshängning

Vid bäckenbenshängning bibehåller muskeln sin naturliga form och fler muskler är sträckta (Figur 1), vilket minskar risken för att de dras samman vid rigor mortis. Mest effekt på köttkvaliteten av hängmetod märks på lårmusklerna. Metoden är mer arbets- och platskrävande men mörningsprocessen går snabbare (Tabell 2). Ätkvaliteten ökar mest för äldre djur där samtliga styckningsdetaljer blir mörare (MLA, 2015a, b).

Tabell 2. Rekommendationer för mörningstid (MLA 2015a).

Hängningsmetod	Bäckenbenshängd	Akilleshängd	Akilleshängd
Elektrisk stimulering	Nej	Ja	Nej
Når rigor mortis (vid ca pH 6) vid temp:	8-35 °C	18-35 °C	8-18 °C
Minsta mörningstid	5 dagar	5 dagar	10 dagar

Våtmörning/vakuummörning

Vid våtmörning förpackas det grov- eller konsumentstyckade köttet i vakuumpåsar som är helt ogenomsläppliga för gaser. Under processen tas all gas bort ur förpackningen innan den försluts. Mörningsprocessen pågår sedan under kylagringen, men också under transport och i butik. Nya Zeeländska rekommendationer anger att hållbarheten på köttet är upp till 12 veckor efter det förpackats om det förvaras vid + 0,5-1 °C.

Den vätska som köttet släpper under mörningen kan inte avdunsta utan samlas i påsen vilket reducerar vätskeförlusten. Ytan torkar inte och putssvinnet blir lägre. Konsumenter kan uppleva vakuumpförpackat kött som mindre attraktivt, dels på grund av köttsaften som samlas i förpackningen, dels att det sker en färgförändring i den syrefria miljön. Den syrefria miljön förhindrar tillväxt av aeroba mikroorganismer men i kombination med lågt pH ökar tillväxten av anaeroba bakterier som mjölksyrabakterier. Dessa kan ge köttet en syrlig smak och lukt.

Våtmörning är på grund av den låga vätskeförlusten, det låga putssvinnet, de lägre kostnaderna jämfört med hängmörning samt enklare logistik en mycket vanlig mörningsmetod och en ofta använd metod av de exporterande länderna som t.ex. Nya Zeeland.

METODER ATT MÄTA ÄTKVALITET

Om inget anges är uppgifterna hämtade från Warriss (2009).

Mörhet

Warner-Bratzler metoden

En i försökssammanhang ofta använd maskinell metod för att mäta köttets mörhet är Warner-Bratzler shear force (WBSF). Metoden mäter det tillagade köttets skärmotstånd. Köttet, oftast *Musculus longissimus dorsi*¹, tillagas under kontrollerade former tills köttets innertemperatur når 71 °C. Tillagningsmetod kan variera, vanligast är kokning men i vissa fall används ungs-tekning eller att köttet grillas. Köttet kyls ned under kontrollerade förhållanden. Därefter skärs ca 5 cm långa, cylinderformade stavar ut med diametern ca 1-1,3 cm i muskeltrådarnas längs-riktning. Köttet placeras i Warner-Bratzler-instrumentet som mäter hur mycket kraft som krävs för att skära igenom köttet (Shackelford et al., 2004b).

Pannier et al. (2014a) fann ett signifikant ($p < 0,01$) samband mellan WBSF-metoden och en otränad testpanel för mätning av mörhet. Ju större kraft som krävdes för WBSF (12-49 N) desto lägre testpanelspoäng för mörhet, saftighet, smak, doft och helhetspoäng. Mateescu et al. (2015) undersökte ätkvalitetssegenskaper på kött från Angusdjur med både testpanel och WBSF och även här visades WBSF vara en god indikator på hur testpanelen poängsatte mörhet.

Volodkevichmetoden

Ett annat sätt att maskinellt mäta köttets mörhet och struktur är genom Volodkevichmetoden. Instrumentet mäter kraften som krävs då två trubbiga metallstänger trycker ihop muskeln mellan sig till ett bestämt motstånd.

Sensorisk analys

Det är vanligt att använda testpaneler för att analysera ätkvalitetssegenskaper som mörhet, smak, saftighet och helhetsupplevelse. Testpaneler används i försökssammanhang men också vid marknadsundersökningar då företaget vill veta vilka produkter kunder föredrar.

Testerna planeras på olika sätt beroende på frågeställning och syfte med testen. Vissa tester är urskiljande och används för att se vilket av två alternativ som personerna föredrar eller ogillar t.ex. vilket köttprov man upplever som mörast eller segast, saftigast eller torrast etc. Andra tester är mer inriktade på att ett antal köttprover ska rangordnas från t.ex. mörast till segast. En tredje typ av test är beskrivande och kategoriserande. Personerna har en 8-gradig skala för t.ex. mörhet och bedömer varje prov för sig utifrån en skala där 1 poäng = extremt segt till 8 poäng = extremt mört. Till sist finns tester för att beskriva ett köttets sensoriska karaktär där man sätter olika beskrivande ord på smaken enligt förutbestämda smakord i en mall. Testerna kan utföras av tränade personer under kontrollerade former eller av otränade konsumentgrupper under mer fria former.

Att mäta saftighet

Det finns flera metoder för att mäta köttets saftighet eller dess vattenhållande kapacitet. En definition som täcker in de flesta alternativ är att man mäter köttets förmåga att hålla kvar vätska när det utsätts för någon form av kraft vilket kan vara enbart tyngdkraften till tuffare påverkan.

¹ Se ordlistan på s. 55 för vilka styckningsdetaljer olika muskler som nämns i rapporten motsvarar

Att mäta färg

Det finns flera metoder att mäta köttets färg. En ofta använd metod i försöksverksamhet är CIELAB-metoden som är fastställd av Internationella belysningskommissionen och som bygger på ögats sätt att uppfatta färger.

Att mäta intramuskulärt fett

Andelen fett, muskler och ben i det levande djuret kan uppskattas genom helkroppsscanning, (computed tomography; CT-scanning). Baggar som ingår i avelsprogram CT-scannas i t.ex. Storbritannien, Australien och Nya Zeeland. CT-scanning av muskeldensiteten har visat sig ge en bra förutsägelse av andelen intramuskulärt fett som i sin tur ger en indikation på ätkvalitet (Lambe et al., 2008). CT-tekniken är dock inte fullt utvecklad för mätning av intramuskulärt fett, den är dessutom dyr och resurskrävande. Metodutveckling pågår på flera håll för att kunna uppskatta andelen intramuskulärt fett på ett säkrare, snabbare och mindre resurskrävande sätt än CT-scanning av levande djur (Anderson et al., 2015a).

Med nära infraröd (NIR) spektroskopi, som bygger på mätning av hur mycket ljus av olika våglängder som reflekteras från provet, kan andelen intramuskulärt fett i malt kött mätas till låg kostnad och med god säkerhet. Däremot fungerar NIR-tekniken inte lika bra vid mätning av intramuskulärt fett i helt kött (Cheng et al., 2015). En annan metod är kemisk analys där fett extraheras med kloroform (Pannier et al., 2014a). Inga uppgifter har hittats om att intramuskulärt fett på lamm mäts regelbundet i kommersiell drift på slakterier eller styckningsanläggningar. Däremot finns metoder utvecklade inom nötslakten där slaktkroppens marmorering klassificeras och kan vara betalningsgrundande. Den vanligaste klassificeringsmetoden är att klassificeraren jämför köttets marmorering i *M. longissimus dorsi* med referenskort på en femgradig skala. Andra metoder som används vid klassificering av nötkötts marmorering är bildanalys där digital teknik används (Stenberg, 2012).

FETT OCH INTRAMUSKULÄRT FETT

Att köttet innehåller fett i form av intramuskulärt fett är positivt för ätkvaliteten, däremot vill vare sig lammproducenten, industrin eller konsumenten ha lammkött med stor mängd synligt fett. I en undersökning från 2011 framgick det att brittiska konsumenter generellt ansåg att lamm har en bra ätkvalitet (Matthews, 2012). Däremot upplevde 55 % av konsumenterna att lammkött är ett fett köttslag. Detta kan vara en nackdel för lammköttet då många konsumenter söker produkter med låg fetthalt för att magra produkter kopplas till en mer hälsosamt kosthållning. Ett överskott av synligt fett upplevs därför som extra negativt (Valsta et al., 2005). Även för uppfödare, slakt och chark är feta lamm oönskat. Det är energikrävande för djuret att ansätta fett vilket ökar foderförbrukningen och det finns risk för avdrag på slaktpriset. Att putsa bort och kasta överflödigt fett är en kostnad som slakt och chark vill minimera (Montossi et al., 2013; MLA, 2015a).

Fettvävnadens tillväxt

Allt eftersom kroppen växer, utvecklas och mognar, utvecklas de olika vävnaderna. Nervsystemet utvecklas före benvävnad som i sin tur utvecklas före tillväxt av muskeltvävnad. Fettvävnaden utvecklas sist i den växande kroppen. Fettvävnaden indelas i olika typer som sinsemellan har olika utvecklingstakt. Först ansätts invärtes fett runt njurarna, hjärtat, bäckenet och i bukhålan. Därefter utvecklas intermuskulärt fett som finns mellan musklerna och därefter subkutant fett som återfinns under huden. Till sist ansätts det intramuskulära fettet, som är insprängt i musklerna mellan muskeltrådarna (Warriss, 2009). Utvecklingen av olika typer av fettvävnad är egenskaper som går att påverka då den styrs av parametrar som genotyp, ras, kön, ålder, tillväxthastighet och utfodringsintensitet (Hocquette et al., 2010).

Fettets fördelning och andel av slaktkroppen

Får och nöt har större andel av fettet invärtes i buken medan grisar har mer subkutant fett. Vid samma totala andel fett i kroppen har nöt ca 17 % av fettet invärtes runt njurar och i bukhålan, får har 10 % och grisar ca 6 %. Motsvarande siffror för subkutant fett är hos nöt 24 %, får 43 % och grisar 68 %. Även fettandelen i rent kött varierar mellan olika djurslag. Nötkött innehåller ca 5 % fett, lamm 9 %, gris 7 % och kycklingkött 4 % (Warriss, 2009). För andel ben, muskel respektive fett i slaktkroppen hos lamm och får, se tabell 3.

Tabell 3. Andel ben, muskel respektive fett i slaktkroppen hos lamm och får (Warriss, 2009; AMPC, 2015b).

Slaktkroppsvikt (kg)	Ben (%)	Muskel (%)	Fett (%)
15	16	61	24
20	14 (17 %) ¹	58 (60 %) ¹	28 (23 %) ¹
30	12	55	33

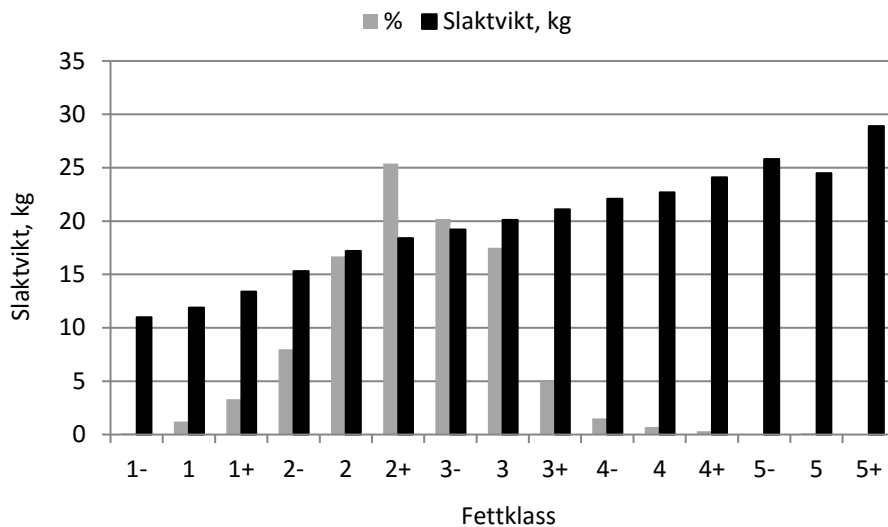
¹Inom parantes: värden från CT-scanning (AMPC, 2015b)

I en beräkning av fettinnehållet i engelska lammslaktroppar var tacklammen fetast med 27 % fett av slaktkroppsvikten, kastrerade bagglamm 26 % och intakta bagglamm 23 % (Warriss, 2009). Denna beräkning stöds av (Díaz et al., 2003) som visat att tacklamm vid jämförbara förhållanden (utfodring, ålder, ras mm) har en högre fettklassning än bagglamm.

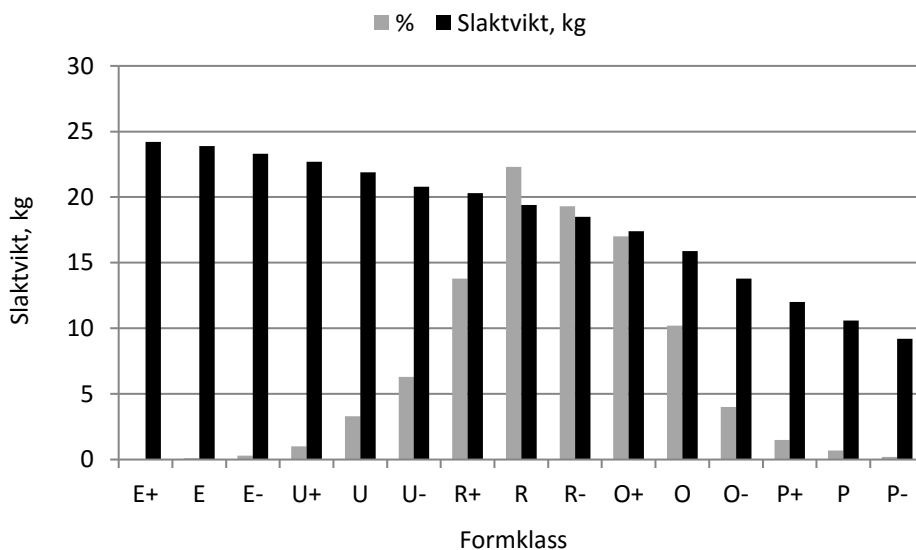
Fett- och formklassning i Sverige

På slakteriet klassas slaktkropparna in i fettgrupper (1- till 5+) och formklasser (EUROP). Jordbruksverkets klassningsstatistik för de 222 548 lamm som slaktades i Sverige 2014 visas i figur 2 och 3. I Sverige är önskvärda fettgrupper 2- till och med 3, slaktkroppar med lägre

eller högre fettklassning betalas sämre. Ca 88 % av lammerna är klassade inom önskat fettintervall. Ca 4,5 % var för magra och 7,5 % fetare än önskvärt.



Figur 2. Andel av alla slaktade lamm i respektive fettklass samt slaktvikten inom varje fettklass.



Figur 3. Andel av alla slaktade lamm i respektive formklass samt slaktvikten inom varje formklass.

Fettets färg och konsistens

Fettet från betande lamm är på grund av gräsets innehåll av karotenoider något gulare och mjukare jämfört med det nästan vita och relativt fasta fett hos lamm som utfodras intensivt med stor andel kraftfoder (Priolo et al., 2002). Under mörningen jämnas färgen ut men färgskillnaden direkt efter slakt är så tydligt att det i vissa fall kan vara ett sätt att skilja betesuppfödda från kraftfoderuppfödda lamm (Carrasco et al., 2009). I Norge har noterats att det förekommer slaktkroppar med kraftigt gulfärgat fett. Orsaken är en mutation som påverkar enzymer som bryter ner karotenoiderna. Mutationen gör att karotenoiderna ansamlas i fett och slaktkroppen blir starkt gulfärgad (Våge & Boman, 2010).

Intramuskulärt fett - marmorering

Marmoreringen är det intramuskulära fett som finns insprängt i musklerna mellan muskeltrådarna. Graden av marmorering spelar stor roll för hur köttets mörhet, saftighet och smak upplevs. Vid smaktester har kött med ca 4-6 % intramuskulärt fett fått högst poäng (Pannier et al., 2014a).

Samband mellan intramuskulärt fett och fettinnehåll

Det finns ett positivt samband mellan slaktkroppens fettinnehåll och andelen intramuskulärt fett vilket medför att feta lamm oftast har högre andel intramuskulärt fett än magra. Australiensiska undersökningar har visat att vid samma slaktkroppsvikt ökade intramuskulärt fett med 1,6 procentenheter då fettlagret, mätt 110 mm från ryggraden ner på 12:e revbenet ökade från 0,5 till 25 mm (AMPC, 2015a).

Samband intramuskulärt fett och styckningsdetalj

Andelen intramuskulärt fett varierar något mellan olika styckningsdetaljer. I Australien utförde Anderson et al. (2015b) en undersökning av andelen intramuskulärt fett i fem muskelgrupper (*M. longissimus lumborum*, *M. semimembranosus*, *M. semitendinosus*, *M. supraspinatus*, *M. infraspinatus*) på 400 lamm. Resultatet visade att högst andel intramuskulärt fett fanns i *M. supraspinatus* (4.87 ± 0.1 , $P < 0.01$) och lägst i *M. semimembranosus* (3.58 ± 0.1 , $P < 0.01$). Vidare så CT-scannade Anderson et al. (2015a) lammerna för att undersöka korrelationen mellan de fem olika musklernas andel intramuskulärt fett. CT-scanningen kan användas för att förutsäga andelen intramuskulärt fett trots att precisionen i denna studie var dålig. Vid undersökningen utnyttjas att pixeltätheten på muskler har ett negativt samband med andelen intramuskulärt fett. Förmågan hos CT att förutsäga intramuskulärt fett var störst i *M. longissimus lumborum* och minst i *M. infraspinatus*. Korrelationskoefficienterna för andelen intramuskulärt fett varierade mellan de fem musklerna. Högst korrelationskoefficienter fanns mellan musklerna i frambdelen (0,67 mellan *M. supraspinatus* och *M. infraspinatus*) och de svagaste korrelationerna var mellan muskler i slaktkroppens fram- och bakdelen. Korrelationen mellan *M. longissimus lumborum* och andra muskler var ganska stadig med värden på mellan 0,34 och 0,40. Korrelationen mellan andelen fett i slaktkroppen och andelen intramuskulärt fett hos de fem musklerna varierade och var högst i *M. longissimus lumborum* (0,41).

Intramuskulärt fettets påverkan på mörhet, saftighet och smak

Det intramuskulära fett bidrar till att köttet upplevs mörare då fett är mjukare än muskelfibrer vilket minskar skärmodståndet. En annan orsak kan vara att muskelfibrerna inte är lika hårt bundna till varandra då fett är insprängt mellan muskeltrådarna vilket kan leda till att de delar sig lättare (Warriss, 2009). Pannier et al. (2014a) lät konsumentpaneler testa köttprover från *M. longissimus lumborum* med varierande andel intramuskulärt fett. Då andelen intramuskulärt fett ökade från 2,5 % till 7 % höjdes testpanelens poäng 6 enheter (skala 1-100 poäng) för mörhet. Högre andel intramuskulärt fett i muskeln gav signifikant ($P < 0,01$) högre poäng av testpaneler för mörhet. Kött med ca 4-6 % intramuskulärt fett uppskattades mest av smakpanelerna.

Flera undersökningar stödjer uppfattningen att intramuskulärt fett ger positiv effekt på saftighet och smaken (Young et al., 2005; Hopkins et al., 2006). I den ovan nämnda undersökningen av Pannier et al. (2014a) höjdes poängen för saftighet signifikant med 10 enheter (skala 1-100 poäng) och smakpoängen med 9 enheter (skala 1-100 poäng). Flera andra smaktester stödjer uppfattningen att intramuskulärt fett ger positiv effekt på smaken (Young et al., 2005; Hopkins et al., 2006).

Olika styckningsdetaljers smak

I ett smaktest föredrog konsumenterna *M. longissimus lumborum* före *M. semimembranosus* för samtliga undersökta egenskaper (mörhet, saftighet, smak, doft och helhetsintryck) (Pannier et al., 2014a). Grillad *M. longissimus lumborum* gavs helhetspoängen 72 poäng och grillad *M. semimembranosus* 52 poäng på en skala 1-100 poäng.

Genetiskt samband mellan synligt fett, intramuskulärt fett, muskler och ätkvalitet

Enligt beräkningar gjorda av Mortimer et al. (2014) har andelen intramuskulärt fett medel till hög arvbarhet (0,47). Andelen intramuskulärt fett är positivt korrelerad med slaktkroppsvikt och fettdjup men negativt korrelerad med muskeldjup, köttutbyte, vikten på *M. longissimus lumborum*, skärmotstånd samt färgstabilitet (Pannier et al., 2014b; AMPC, 2015a). Detta innebär att andelen intramuskulärt fett minskar vid genetiskt urval för högre muskeltillväxt och lägre fettansättning samtidigt som köttutbytet ökar (Pannier et al., 2014b). Lorentzen & Vangen (2012) fann i en norsk undersökning av 350 lamm med Nor-X fäder att intramuskulärt fett var medel till starkt positivt korrelerat med slaktkroppens fetthinnehåll men negativt korrelerat till köttprocent. Slutsatsen var att avelsurval till förmån för magrare djur med mindre slaktkroppsfett också kan minska det intramuskulära fett med försämrade köttkvalitet som följd.

Pannier et al. (2014a) undersökte hur ätkvalitetsegenskaper påverkas av andelen intramuskulärt fett. I undersökningen studerades sambandet mellan avelsvärde för fettlagret mätt 110 mm från ryggraden ner på 12:e revbenet och mörhet genom smaktester på lammkött från närmare 1 500 djur. Lamm med fäder som hade låga avelsvärde för fett (dvs. anlag för magrare djur) ansågs ha segare *M. longissimus lumborum* än lamm vars fäder hade höga avelsvärden för fett. Däremot var det inget samband mellan avelsvärde för fett och mörhetspoäng på *M. semimembranosus*. Orsaken kan vara att den sistnämnda har en lägre andel intramuskulärt fett. I samma undersökning såg man ett samband mellan stigande muskeldjup på *M. longissimus lumborum* efter avväjning med lägre testpanelspoäng för både *M. longissimus lumborum* och *M. semimembranosus* ätkvalitetsegenskaper som smak, mörhet och helhetspoäng. Konsumentundersökningen bekräftade det negativa samband mellan andelen intramuskulärt fett och muskelmassa då smaktestpoängen ökade med högre andel intramuskulärt fett och lägre andel muskler. Detta indikerar att selekteras baggar utifrån förbättrad muskelansättning av *M. longissimus lumborum* är det troligt att både *M. longissimus lumborum* och *M. semimembranosus* från deras avkomma kommer att vara mindre mör, få lägre smakpoäng och sämre helhetspoäng. Denna uppfattning är i linje med det resultat som Hopkins et al. (2005b) presenterat om påverkan av selektion för muskeldjupsavelsvärde på ätkvalitetsegenskaper. Det finns dock andra studier som visat på andra resultat. Navajas et al. (2008) jämförde ätkvalitet hos skotska texellamm och blackfacelamm vars fäder inom respektive ras var utvalda för att de hade lågt eller högt värde vid scanning av bakbenet. Smaktesten visade ingen signifikant skillnad mellan de hög- och lågmuskulade grupperna inom respektive ras. Författarna drog därför slutsatsen att avel för ökad muskulatur inte hade någon negativ påverkan på ätkvalitet.

Hot och möjligheter med avel för egenskaper som synligt fett, intramuskulärt fett och muskler

Ingen i värdekedjan, från lantbrukare till konsument, vill ha fett lammkött men samtidigt är det viktigt att bibehålla en tillräckligt hög andel intramuskulärt fett i köttet för att konsumenten ska vara nöjd med ätkvalitetsegenskaperna. Fortsatt selektion av baggar som ger hög köttansättning och låg fettansättning utan att ta hänsyn till andelen intramuskulärt fett minskar

visserligen risken för feta lamm men leder till lägre andel intramuskulärt fett (Pannier et al., 2014a). Därför rekommenderar Pannier et al. (2014a) att sambanden mellan avelsvärde för muskeldjup respektive fett och deras påverkan på intramuskulärt fett bör vägas in i utvecklingen av MSA avelsvärdering för att bättre förutse lammköttets ätkvalitet. Det är en bättre lösning än att ta fram tunga eller feta slaktkroppar för att säkerställa andelen intramuskulärt fett (AMPC, 2015a). I Storbritannien har man under 2014 påbörjat ett projekt där man genom CT-scanning och NIR-teknik ska ta fram modeller för att selektera fram avelsdjur med optimal nivå av andel intramuskulärt fett utan att öka andelen subkutant putsfett (SRUC, 2014). Mycket resurser satsas också på forskning om genomisk selektion för köttkvalitetssegenskaper (Hopkins & Mortimer, 2014; Knight et al., 2014)

ÅLDERNS INVERKAN PÅ ÄTKVALITETEN

Mörhet

Äldre djur anses i allmänhet vara mindre möra då de har mer bindväv, senor och brosk i slaktkroppen än yngre djur. I Australien har mörheten på kött från djur i olika åldrar jämförts i konsumenttester. Köttet från yngre djur klassades som mörare än kött från djur som var äldre än ca 20 månader (MLA, 2015a). Wiese et al. (2005) studerade inverkan av djurets ålder på upplevd mörhet. De jämförde köttets mörhet från tre grupper av djur med utgångspunkt från tandutvecklingen: 1) lamm som enbart hade mjölkänder, 2) djur som börjat få de första permanenta tänderna och 3) djur som hade utvecklat sina först permanenta tänder (drygt ett år gamla). Studien visade att djurens ålder upp till drygt ett års ålder inte påverkade köttets mörhet. Resultatet stöds av Veiseth et al. (2004) som jämförde åldersrelaterade förändringar i musklerna hos lamm i åldrarna 2-10 månader. De fann inte någon försämring i mörhet beroende på lammens ålder under förutsättning att slaktkroppen mörades på rätt sätt. Samtidigt ökar andelen intramuskulärt fett i takt med att djuret blir äldre (Hopkins et al., 2007c) vilket till viss del kan motverka den förändrade bindvävens negativa påverkan på köttets mörhet. En australiensisk undersökning visade att andelen intramuskulärt fett ökade med 2 procentenheter då slaktåldern steg från 134 till 504 dagar. Andelen intramuskulärt fett vid medelslaktåldern 268 dagar var 4,2 % (AMPC, 2015a).

Smak

Allteftersom djuret blir äldre blir lamm- eller fårsmaken mer tydlig och intensiv. Halten av de fettsyror som bär den specifika lammsmaken ökar med stigande ålder för samtliga djurkategorier men hos baggar ökar halten tidigare (Watkins et al., 2010). Äldre djur får oftast lägre poäng för smak av testpaneler (Hopkins et al., 2006), något som bekräftades av Arsenos et al. (2002) som jämförde smaken på kött från tre olika raser som slaktades vid olika slaktvikter, 48 respektive 55 % av vuxenvikten. Testpanelen föredrog de lättare och yngre lammen.

KÖNETS INVERKAN PÅ ÄTKVALITETEN

Mörhet

Det finns olika åsikter om lammens kön inverkar på köttets mörhet eller inte. Då baggarna kastreras i många länder finns det begränsade erfarenheter och försöksresultat kring om det är någon skillnad i mörhet på kött från bagglamm jämfört med kött från tacklamm och kastrater. Branschorganisationer som AHDB (Matthews, 2012) och QMS (2005) menar att försöksresultaten är motsägelsefulla men att deras samlade bedömning och erfarenhet är att det är liten skillnad i köttkvalitet mellan könen. Navajas et al. (2008) fann inte några skillnader i testpanelens poäng för mörhet beroende på kön då lammen slaktades vid en hullpoäng på minst tre och levande vikt på 32-35 kg. Inte heller Lambe et al. (2010) fann signifikanta skillnader i mörhet mellan tack- eller bagglamm uppfödda på bete.

Några undersökningar har gett andra resultat som pekar mot att det kan vara skillnader i mörhet beroende på kön. I en studie av Craigie et al. (2012) jämfördes renrasiga texellamm och då visade sig tacklammen vara mörare än bagglammen. Trots att slaktvikterna var låga, 14-15 kg, fanns det signifikanta skillnader i det intramuskulära fettet mellan grupperna. Tacklammens intramuskulära fett var 1,49 % och bagglammens intramuskulära fett 1,13 %. Skillnaderna i mörhet kunde dock enligt använd modell inte förklaras av olikheterna i intramuskulärt fett. Då Lind et al. (2011) följde upp köttets mörhet från lamm som betat rajgräs 24 dagar innan slakt var tacklammen signifikant mörare. Däremot när lammen betat rajgräs 44 dagar innan slakt var det ingen skillnad i mörhet mellan tack- och bagglamm. Levandevikten vid slakt var ca 36-40 kg men inga uppgifter om intramuskulärt fett eller fettklassning var redovisade.

Intramuskulärt fett

Pannier et al. (2014b) fann att tacklamm har något högre andel intramuskulärt fett än bagglamm vid samma fysiologiska utvecklingsstadium. Skillnaden mellan könen i denna undersökning kunde inte förklaras av ett högre totalt fetthinnehåll hos tacklammens. I den ovan nämnda undersökningen av Craigie et al. (2012) framkom att även vid låga slaktvikter (knappt 15 kg) var andelen intramuskulärt fett högre hos tacklamm jämfört med bagglamm, (1,49 % respektive 1,13 %). Noterbart är att andelen intramuskulärt fett var låg oavsett kön.

Smak

Effekt av mycket unga lammens kön på köttets smak är relativt liten jämfört med andra faktorer som påverkar smak. Även om Arsenos et al. (2002) konstaterade att smakpaneler gav kött från tacklamm något högre smakpoäng än kött från bagglamm var slutsatsen att effekt av kön på köttsmak från unga, lätta lamm är liten. Den åsikten delas av fler forskare (Teixeira et al., 2005; Navajas et al., 2008).

Däremot då baggarna börjar bli sexuellt aktiva vid ca 30 veckors ålder kan koncentrationen av fettsyran MOA i köttet vara 13 gånger högre än vid 12 veckors ålder, däremot ökar den endast 1,3 gånger i kastrater i motsvarande ålder. På grundval av detta rekommenderas att baggar bör slaktas senast vid 5-6 månaders ålder. (Sutherland & Ames, 1996; Watkins et al., 2010; Watkins et al., 2013). I en norsk studie jämförde Lind et al. (2011) smaken på lammkött från vår födda tack- och bagglamm slaktade i september. Slutsatsen var att bagglamm bör slaktas vid ca 5 månaders ålder för att minska risken för smakförsämring. Däremot fann man ingen skillnad i smak vid jämförelse av bagglamm och kastrater upp till 13 månaders ålder i ett Nya Zeeländskt försök. På grundval av resultaten behöll man åldersgränsen på max 12 månader för slakt av bagglamm i Nya Zeeland (Alliancegroup, 2010).

RASENS INVERKAN PÅ ÄTKVALITETEN

Mörhet

Branschorganisationer som MLA, Scotch lamb och AHDB Beef and Lamb anser att rasens påverkan på mörhet är liten jämfört med andra faktorer. Denna uppfattning stöds också av Fisher et al. (2000) och Hopkins et al. (2011). I litteraturen finns dock några exempel där skillnad i mörhet mellan raser påvisats. Det mest kända och belagda exemplet är rasen merino som har benägenhet att vara stresskänslig och därför löper större risk för pH-problem vid slakt med åtföljande påverkan på köttets mörhet (Hopkins et al., 2006; MLA, 2015a). Vidare så jämförde Mushi et al. (2008) två norska raser, NOR-X och NKS (norsk kvit sau), och fann en svag signifikans ($P < 0,1$) för att Nor-X är mörare. Fisher et al. (2000) fann att den skotska rasen soya var mindre mör än welsh mountain och suffolk men resultatet var inte entydigt, vilket kan bero på att slaktkropparna från de olika raserna hade mycket olika fettklassning.

I en omfattande treårig amerikansk studie undersöktes bl.a. ätkvalitetsparametrar på 800 korsningslamm. Mödrarna var korsningstackor och fäderna var fördelade på 10 olika faderraser bl.a. finull, romanov, dorper, vit dorper suffolk, texel och dorset. Resultatet visade att finull hade signifikant högst andel intramuskulärt fett med 4,18 %, lägst skär motstånd, högst testpoäng för mörhet och tillsammans med romanov högst marmoreringspoäng. (Shackelford et al., 2012). Inom ras fanns skillnad i mörhet mellan olika baggars lamm. Här kan genetiska skillnaden i andel intramuskulärt fett vara förklaringen till olikheten i mörhet (Hopkins et al., 2005b).

Genetiska effekter som kan påverka mörhet

I en sammanställning över genetiska effekter som påverkar ätkvaliteten omnämns flera mutationer som kan ha inverkan på köttets mörhet. Författarnas bedömning är att det finns ett stort behov av att utreda mer hur de påverkar ätkvaliteten (Hopkins et al., 2011).

Callipyge är en mutation på kromosom 18 och märks endast då lammens far nedärver egenkapen. Den uttrycks genom mer utvecklade och större muskelmassa i bakkroppen orsakad av muskelhypertrofi. *Callipyge* lamm har högre värde för skär motstånd i *M. longissimus* men andra muskler påverkas inte. Andra effekter av *Callipyge* är mindre intramuskulärt fett och risk för torrare *M. longissimus*.

Carwell effekten (LoinMax[®]) är en mutation som också återfinns i kromosom 18 men anses nedärvas från modern. Denna mutation leder till 8-10 % större *M. longissimus*. Studier av köttets mörhet från djur med *Carwell* effekten har gett varierat resultat, allt från att *M. longissimus* skär motstånd hos bagglamm ökar med 35 % till ingen påverkan alls. Genom väl kontrollerade processer under slakt och mörning kan eventuella negativa effekter på mörhet minimeras. Hopkins et al. (2011) påpekar att även om *Carwell* effekten inte påverkar hela slaktkroppen bör baggar väljas med försiktighet om det inte finns tillgång till bra processer vid slakt och mörning.

Texel muscling återfinns även den på kromosom 18. Den ökar muskeldjupet på *M. longissimus* och vikten med upp till 10 % men minskar intramuskulärt fett hos *Texel* bagglamm. Studier pekar på att *M. longissimus* blir mindre mör men att andra muskler inte påverkas. Om elstimulering används korrekt och kroppen möras i 7 dagar anses geneffekten ha liten till ingen effekt på *M. longissimus* ätkvalitet (Lambe et al., 2011).

Myostatin är lokaliserad till kromosom två hos Nya Zeeländsk texel. Den påverkar muskel- och fettegenskaper men har ingen effekt på skärmotstånd. Genom att använda ett markörtest kan djuren testas om de bär genen.

Intramuskulärt fett och fett

Undersökningar visar att det finns skillnader i slaktkroppens sammansättning beroende på ras. Enligt australiensiska uppgifter har merino hög andel intramuskulärt fett. I en undersökning var andelen intramuskulärt fett hos lamm med merino som faderras 4,49 % jämfört med 4,17 % hos lamm med köttrasfäder (AMPC, 2015a).

I den tidigare nämnda amerikanska studie av Shackelford et al. (2012) slaktades lammen vid i medeltal 216 dagars ålder. Resultaten visade att finull hade högst andel intramuskulärt fett, lägst skärmotstånd, högst mörhetspoäng och tillsammans med romanov högst marmoreringspoäng.

I en undersökning av Shackelford et al. (2012) hade Dorper tjockast fettlager över 12:e revbenet och tillsammans med vit dorper också tjockast fettlager över 4:e ryggkotan. Vit dorper hade högst och texel lägst andel fett i slaktkroppen. Likande resultat om fettansättning presenterades av Cloete et al. (2007) som fann att renrasiga dorperlamm hade signifikant mer fett vid 13:e revbenet än andra raskombinationer (ile de France, merino landsheep och SA mutton merino). Även Snowden & Duckett (2003) fann att dorperkorsningslammens fettlagret över 13:e revbenet var signifikant tjockare än suffolkkorsningslamm. Studierna ger visst stöd åt Cloete et al. (2000) uttalande att dorper blir slaktmogna tidigt och tenderar att ansätta fett vid lägre vikt jämfört med de flesta andra raser i Sydafrika, speciellt då de föds upp under goda förhållanden. Vid en jämförelse mellan fadersraser gav lamm med charollais som fadersras signifikant högre andel intramuskulärt fett än oxford down, texel, suffolk och merino trots att lammen med charollais som far inte var fetare eller signifikant tyngre. Andelen intramuskulärt fett var låg för samtliga lamm (1,6–2,1 %) (Jandasek et al., 2014)..

Saftighet

Ras bedöms inte ha någon direkt inverkan på saftighet (Beriain et al., 2000). Alliancegroup (2010) fann små eller inga arvbarheter och låg genetisk variation för saftighet.

Smak

Rasens inverkan på smak anses allmänt vara betydligt mindre än andra smakpåverkande faktorer som utfodring, ålder, kön och andel intramuskulärt fett (Shackelford et al., 2012; Pannier et al., 2014a) även om det finns rapporter om smakskillnader mellan raser. Vid en undersökning av Nya Zeeländskt material fann man mycket låga eller inga arvbarheter samt låg genetisk variation för ätkvalitetsparametrar som smak, saftighet och mörhet kopplat till ras (Alliancegroup, 2010). Arsenos et al. (2002) fann en viss effekt av ras på smaken men slutsatsen var att raseffekten är av mindre betydelse. Denna slutsats stöds också av en norsk undersökning där lamm av raserna Nor-X och NKS jämfördes och raspåverkan på smak var liten (Mushi et al., 2008; Lind et al., 2011).

Det kan vara svårt, även under kontrollerade försöksmässiga förhållanden, att särskilja en eventuell raseffekt från t.ex. fodereffekt på smaken om man jämför raser som är uppfödda i olika miljöer och på varierande foderstater. Men det finns egenskapsskillnader mellan raser som kan påverka smaken indirekt. Exempel på detta är fettansättning och andel intramuskulärt fett som påverkar smaken genom att fett är smakbärare. I en mycket stor australiensisk un-

derökning, som omfattande närmare 1 500 lamm (Pannier et al., 2014a), fann man att smaktestpoäng ökade med högre andel intramuskulärt fett och lägre andel muskler. I studien konstaterades samtidigt skillnader för sensoriska egenskaper beroende på lammens faderras. Fäder till lammen delades in i grupperna "terminal", faderraser för att producera slaktlamm (poll dorset, suffolk, texel, white suffolk), "maternal", faderraser för att producera livtackor (bond, border leicester, coopworth, corriedale, dohne merino, prime SAMM) eller "merino" (merino, poll merino). Mödrarna till lammen var av rasen merino eller korsningar. Lamm vars fäder tillhörde raserna i gruppen "terminal" konstaterades ha lägre poäng för mörhet, saftighet, smak och helhet än de lamm vars fäder var från grupperna "maternal" och "merino". Tolkningen av resultatet var att avelsvärderingen av de raser som ingår i gruppen "Terminal" premierat baggar med högt avelsvärde för mycket muskler och lite fett. Samtidigt nedärver dessa baggar lägre andel intramuskulärt fett vilket gav lägre smakpoäng (Pannier et al., 2014a).

Några studier pekar på att lamm av utpräglade ullfåreraser som merino kan ha en starkare smak av får jämfört med lamm av andra raser (Hopkins et al., 2005a). I Australien anses detta problem minska om merinolamm har en tillväxt på minst 150 g/dag vid slakt (MLA, 2015a). Vid en jämförelse av Navajas et al. (2008) mellan renrasig skotsk texel och skotsk blackface under samma utfodringsförhållanden gav testpanelen något högre poäng för mörhet, saftighet, smak och helhetspoäng till lammkött av rasen blackface. Testpanelen ansåg också att blackface lamm hade starkast lammsmak. Även om utfodringen var lika så skilde sig det intramuskulära fettet mellan raserna vid slakt, blackface hade 2,14 % intramuskulärt fett och texel hade 1,33 %. Detta kan ha påverkat skillnaderna i ätkvalitet (Navajas et al., 2008).

TILLVÄXTENS INVERKAN PÅ ÄTKVALITETEN

Mörhet

Allmänt anses att det är bättre förutsättningar för att köttet ska bli mörkt om lammen är i en tillväxtfas vid slakt. Muskelvävnad innehåller möra muskelfibrer och intramuskulärt fett. Muskelfibrerna omges av fastare bindväv som ökar köttets seghet. Under perioder av aktiv tillväxt ökar omsättningen av kroppens kollagen som utgör det strukturella proteinet i t.ex. bindväv. Förnyelsen av kollagen är positivt för mörheten då den stödjande vävnaden blir mjukare. Dåligt näringsförsörjda djur som förlorar i vikt bryter istället ned muskelfibrer och intramuskulärt fett medan bindväven är relativt opåverkad. Även korta perioder av dålig näringsförsörjning kan påverka nivån av intramuskulärt fett i lammen. I Australien rekommenderas en minsta tillväxt på 100-150 g/dag vid slakt för att muskeln ska vara väl näringsförsörjd vilket förebygger risken att köttets mörhet påverkas av låg kollagenomsättning, sjunkande andel intramuskulärt fett och låg glykogenreserv i musklerna vid slakt (MLA, 2015a). Resultaten av flera underökningar stödjer uppfattningen att mörhet påverkas om djuret är i tillväxtfas vid slakt eller inte. Då Sylvestre et al. (2002) jämförde två grupper med lamm med tillväxt på mer än 250 g/dag respektive mindre än 25 g/dag ökade omsättningen av kollagen hos de snabbväxande lammen vilket förbättrade mörheten. Däremot vid jämförelse av lamm med högre tillväxt vid slakt, 238 g/dag respektive 185 g/dag, hade skillnaden i tillväxt ingen påverkan på mörhet. Pethick et al. (2005) jämförde olika utfodringsmodellens påverkan på bl.a. ätkvalitet. De fann att beteslamm som utfodrades med halm de sista 12-16 dagarna innan slakt minskade i vikt, fettlagrets tjocklek över revbenen minskade och andelen intramuskulärt fett sjönk. Testpanelen ansåg att köttet var mindre saftigt och gav sämre poäng för smak men kände ingen påverkan på mörhet. Perioden med enbart halmutfodring var relativt kort.

Intramuskulärt fett

Sambanden mellan tillväxt och intramuskulärt fett är komplicerade. Vid jämförelse av jämgamla lamm har de som växt snabbare och är tyngre vid en viss tidpunkt en högre andel intramuskulärt fett än jämgamla mer långsamväxande och därmed lättare lamm. Samtidigt finns rapporter om att selektion av avelsdjuren för magrare djur och hög avvänjningsvikt sänker andelen intramuskulärt fett (Jandasek et al., 2014; Pannier et al., 2014b; AMPC, 2015a).

Saftighet

Enligt Campbell et al. (2012) har tillväxthastigheten betydelse för om köttet upplevs som saftigt eller inte. Lamm med låg tillväxt fick signifikant högre poäng för saftighet av smakpaneler än snabbt växande lamm. Inga uppgifter finns om det var skillnader i intramuskulärt fett mellan de långsam- och snabbväxande lammen.

Smak

Tillväxthastighet hade signifikant betydelse för smak vid en Nya Zeeländsk undersökning. Lamm med en tillväxt på ca 230 g/dag fick signifikant högre poäng av smakpaneler än lamm som växte 300 g/dag. Resultatet kan ha påverkats av att slaktkroppsvikterna skilde sig åt, de långsamväxande lammen vägde 14,7 kg slaktade och de mer snabbväxande lammen 19,3 kg men inga uppgift om andel intramuskulärt fett redovisades (Campbell et al., 2012).

UTFODRINGENS INVERKAN PÅ ÄTKVALITETEN

Mörhet

I en litteraturgenomgång av Matthews (2012) framkom att utfodringsmodeller och slakttidpunkt inte har någon påverkan på köttets mörhet vare sig lammen är uppfödda på spannmål, rajgräs, ensilage eller andra slutuppfödningfoderstater. Denna uppfattning stöds bl. a. av ett norskt försök där Mushi et al. (2008) jämförde utfodringsintensiteten men inte såg någon skillnad i mörhet vare sig lammen fick ensilage kombinerat med fri kraftfodertillgång eller begränsad kraftfodergiva på 0,4 kg per dag. Samma resultat rapporterade Lowe et al. (2002) från en jämförelse mellan enbart gräsuppfödda lamm och lamm uppfödda på gräs och kraftfoder. Delvis andra resultat redovisas av Lind et al. (2009a) som i ett tvåårigt projekt jämförde lamm som betade enbart i fjällen med lamm som flyttats ned till åkermarksbete 26 respektive 42 dagar innan slakt. Under första året noterades en signifikant skillnad på mörhet och köttets fasthet där lammen som betat i fjällen bedömdes som bäst. Däremot när försöket upprepades året därpå fanns ingen sådan skillnad mellan grupperna. När Priolo et al. (2002) lät en tränad smakpanel jämföra kött från gräsuppfödda lamm med stalluppfödda som var slaktade vid samma levandevikt och tillväxthastighet så ansågs de stalluppfödda vara något mörare. De stalluppfödda lammen var något fetare vid slakt vilket kan ha påverkat att köttet upplevdes som mörare.

Saftighet

I några försök har köttets saftighet undersökts men det är svårt att från de få undersökningarna att dra någon slutsats om utfodringen påverkar saftigheten. I ett fall bedömde en tränad smakpanel att köttet från stalluppfödda lamm var saftigare än kött från gräsuppfödda men inga uppgifter finns om lammen hade t.ex. olika fetthalt vid slakt (Priolo et al., 2002). I den norska undersökning som tidigare nämnts, där man under två års tid studerade lamm som enbart betade på betesmarker i fjällen och lamm som flyttats ned till åkermarksbete 26 till 42 dagar innan slakt, fann man skillnader i saftighet. I en region noterades under båda åren en signifikant skillnad i saftighet där lammen som betat uppe i fjällen bedömdes som bäst. Den andra regionen deltog endast under ett år och där fann man ingen skillnad i saftighet mellan grupperna. (Lind et al., 2009a).

Smak

Grovfoder eller kraftfoderbaserade foderstater

Ett antal undersökningar har gjorts om och hur olika fodermedel påverkar smaken på det tillagade köttet. Även om det finns motsägande resultat är den sammanvägda bedömningen att smaken skiljer mellan jämförbara lamm slutuppfödda på bete och lamm slutuppfödda på en spannmålsbaserad foderstat. Med jämförbara lamm avses att de inte får skilja sig åt på andra faktorer som kan påverka ätkvaliteten som ålder, kön, andel intramuskulärt fett och vikt (Watkins et al., 2013). Gräs och grovfoderuppfödda lamm anses i allmänhet ha en starkare och intensivare lammsmak än spannmålsuppfödda lamm (Sañudo et al., 1998a; Fisher et al., 2000). Ett exempel på hur skillnader i köttets smak beroende på uppfödningmodell uppfattas är den amerikanska smakpanel som gav kött från lamm som utfodrats med majs-kraftfoderbaserad foderstat högre poäng än kött från betesuppfödda lamm då det köttet upplevdes ha en bismak (Borton et al., 2005). En förklaring till resultatet kan vara att man i USA är mer van vid kött från lamm som slagtöts i feedlots. Exempel på avvikande resultat finns, i en mindre undersökning redovisar Priolo et al. (2002) att köttet från gräsuppfödda lamm hade en tydlig leversmak, men till skillnad från andra undersökningar uppgavs att kött från stalluppfödda lamm smakade mer intensivt än de gräsuppfödda. I ett norskt försök hade utfodringsintensiteten (fri tillgång till ensilage samt två nivåer av kraftfoder: 1 = fri tillgång och 2 = 0,4 kg/dag)

ingen eller liten effekt på ätkvalitetssegenskaper som doft, smak, textur (fasthet), mörhet, oljighet och saftighet (Mushi et al., 2008). Ingen uppgift finns om lammens fettgrupp eller intramuskulärt fett vid slakt.

Utfodring med höga nivåer av spannmål påverkar fettsammansättningen och leder oftast till ett mjukare fett. Konsumenterna föredrar konsistensen hos ett mjukare fett jämfört med ett fastare fett men det mjukare fettets kan ge negativa associationer som oljig smak och lukt (QMS, 2005).

Olika typer av grovfoder och beten

Det råder skilda uppfattningar om olika grovfoder- eller betesväxter påverkar köttets smak. I Norge jämfördes köttets smak på lamm som antingen betat på naturbeten i bergen eller åkermarksbeten på låglandet. Skillnaderna i smak var signifikanta men små och sannolikt inte märkbara för konsumenten (Ådnøy et al., 2005). Lind et al. (2009a) jämförde under två år lamm som betade enbart betesmarker i fjällen med lamm som flyttats ned till åkermarksbete 26 respektive 42 dagar innan slakt. Under ett försöksår noterades signifikant skillnad i smak där kött från lamm som betat på fjällen upplevdes ha mer metallisk men mindre härsken smak än kött från lamm som betat åkermarksbete. När försöket upprepades året efter fanns ingen sådan skillnad i smak mellan grupperna. Vid jämförelse mellan bete på rajgräsvall och klöver/rajgräs märktes inga skillnader i smak (Vipond et al., 1995). Inte heller de undersökningar som Nya Zeeländska rekommendationer grundar sig på har identifierat någon smakskillnad på lamm uppfödda på olika typer av betesväxter (blandvall, foderraps, fodermärgål, rödklöver m.fl.) (Alliancegroup, 2010). Flera försök har gjorts på ätkvalitet på kött från djur som ätit cikoria. Ingen av dem har visat några negativ påverkan på kvalitetsparametrar som smak, mörhet, saftighet, köttfärg eller pH (Hopkins et al., 1995; Houdijk, 2010).

Vid andra undersökningar har dock olika växter haft en smakpåverkan på köttet. Baljväxter, främst lusern (Park et al., 1972a) men också majsensilage, vitklöver och kålväxter som t.ex. foderraps och fodermärgkål har rapporterats ge oönskad påverkan på smaken (Park et al., 1972b; Wheeler et al., 1974). Värt att nämna är att kålväxter innehåller ett ämne, glukosinolater, som anses kunna ombildas till andra ämnen i djuret som ger oönskad smak på köttet. Det är inte klarlagt vilket ämne glukosinolaterna ombildas till men isotiocyanat nämns. Olika kålväxter innehåller olika nivåer av ämnet, mellan 3-35 µmol/g finns rapporterade, men oklart vid vilken nivå köttkvaliteten påverkas (Watkins et al., 2013).

Vid utfodringsförsök med vomstabil solrosolja där de fleromättade fettsyrorerna i oljan är skyddade mot nedbrytning i vommen märktes en sötlig smak på köttet. Likaså vid utfodring med fiskolja eller alger påverkar de fleromättade fettsyrorerna smaken på köttet (Watkins et al., 2013). Vid ett jämförande försök mellan utfodring med linfrö och utan linfrö föredrog 83 % av konsumenterna lamm som inte fått linfrö ($P < 0,001$) (Andrés et al., 2014).

Om djuren ges foder utan smakpåverkande växter eller tillsatser kan en så kort tid som sju dagar ta bort (neutralisera) oönskad smak på köttet från andra typer av foder (Park et al., 1972a; Park et al., 1972b). Detta resultat understöds av Arsenos et al. (2002) som fann att de skillnader i smak som uppstått vid olika nivåer av kraftfoder försvann om djuren slutgötts på bete. Ett vanligt förekommande råd är att undvika utfodring med t.ex. lusern eller kålväxter 7-14 dagar innan slakt.

KÖTTFÄRG

Köttfärgen är en viktig kvalitetsegenskap. Konsumenter vill ha rött och inte brunt kött. Ett färgstabilt kött tenderar till att se rödare och fräschare ut under längre tid i butikshyllan. I en australiensisk undersökning angav 40 % av kunderna att de inte konsumerar brunt kött även om bäst före datum inte passerat (AMPC, 2015d, e).

Muskels färgförändring

Förändringen i muskelproteinerna förändrar muskelns färg från mörk och matt i det levande djuret till en blekare och mer reflekterande färg i slaktkroppen (Warriss, 2009). När köttet exponeras för syre ändras, s.k. blommar, köttfärgen inom 15-30 minuter från mörkt purpurfärgat till ljusare röd. Efter några dagar övergår köttfärgen till brunt. Lammkött ändrar färg snabbare än nötkött. Orsaken till färgförändringen är att myoglobinet oxiderar. Myoglobin finns i tre olika kemiska former och färger: deoxymyoglobin (purpur), oxymyoglobin (röd) och metmyoglobin (brun) (AMPC, 2015d, e). Kött som är färgstabilt behåller den röda färgen längre genom att det mesta av myoglobinet återfinns i formen oxymyoglobin.

Vad påverkar färgstabilitet

Många olika faktorer utmed hela produktionskedjan påverkar köttets färgstabilitet. Kött från djur av rasen merino upplevs vara mörkare och mindre färgstabilt än kött från korsningslamm (Jacob et al., 2014). Kött från lamm vars fäder är selekterade för muskelmassa har ett ljusare och mer färgstabilt kött (Calnan et al., 2014). Däremot leder selektion för intramuskulärt fett till minskad färgstabilitet. Vid beräkningar i Nya Zeeland och Australien skattas arvarbarheten för färgstabilitetsparametrarna till mellan 0,11–0,45 beroende på egenskap (Alliancegroup, 2010; Mortimer et al., 2014).

Äldre lamm, 8-12 månader gamla, har ett mörkare kött än 4-6 månaders lamm (Jacob et al., 2007; Webb & Erasmus, 2013). Det råder oenighet om tillväxthastighetens inverkan på köttets färg. Vissa undersökningar pekar mot att långsamväxande djur har en bättre färg (Alliancegroup, 2010) medan andra källor hävdar att tillväxthastighet inte påverkar köttfärgen alls (Campbell et al., 2012). Calnan et al. (2014) rapporterade att snabbväxande och välmuskade djur hade bättre färg. Olika kött detaljer har olika färgstabilitet, t.ex. fann Jacob et al. (2007) att *M. longissimus lumborum* var mer färgstabil än *M. semimembranosus*.

Kött från gräsuppfödda lamm och nötkreatur är oftast mörkare i färgen än kött från kraftfoderuppfödda djur. Till skillnad från nötkött jämnas färgskillnaden ut mer mellan lamm från olika uppfödningmodeller efter ca 24 timmar efter avlivning (Priolo et al., 2002). Extra tillskott av E-vitamin till djuren utefter behov påverkar färgstabiliteten positivt (Jose, 2008).

Det är mycket viktigt att pH-sänkningen i köttet förlöper på rätt sätt. Rätt utförd elektrisk stimulering av slaktkroppen är positiv för färgstabiliteten. Elstimuleringen ger ett snabbt pH-fall i slaktkroppen som leder till ett ljusare kött som ser attraktivt ut. Felaktigt utförd elstimulering kan leda till värmesammandragningar, vilket bl. a ger sämre färgstabilitet. Detta är ett vanligare problem vid elstimulering av nötkött men kan förekomma också vid elstimulering av lammkött. Mörningen kan förstärka färgen men det kan finnas risk för minskad färgstabilitet vid mörningstider över 10 dagar (AMPC, 2015d, e).

NÄRINGSMÄSSIG KVALITET

Det har gjorts en del forskning inom området näringsmässig köttkvalitet och då främst med fokus på fettsyrasammansättning. Generellt visar studierna att kvoten mellan omega-6 och omega-3 fettsyror (n-6/n-3 kvoten) är högre och mängden mättat fett lägre från beteslamm jämfört med lamm som fötts upp på kraftfoder (e.g. Turner et al., 2014). Även om det mättade fettets roll i olika sjukdomstillstånd börjar ifrågasättas (bl.a. i en metaanalys av Siri-Tarino *et al.* (2010)) så är det önskvärt att ur hälsosynpunkt minska koncentrationen av vissa fettsyror och öka koncentrationen av andra. Generellt sett så ökar mättade fettsyror både LDL-kolesterolet (det "onda" kolesterolet) och den totala koncentrationen men man har påvisat att ett fåtal specifika fettsyror, myristinsyra (C14:0) och palmsyra (C16:0), är speciellt kopplade till ökade kolesterolkoncentrationer medan andra, t.ex. stearinsyra (C18:0), är neutrala i den aspekten. Kött är en komplex produkt som innehåller en mängd olika fettsyror, varav fler och fler har visat sig påverka den humana hälsan positivt (Shingfield et al., 2008). Dessa nyttoaspekter behöver lyftas fram för att höja värdet av lammkött och kött i allmänhet.

Färmjölken är rik på de mättade fettsyrorerna myristinsyra och palmsyra (Bas och Morand Fehr, 2000) vilket gör att köttet från dilamm har högre innehåll av dessa fettsyror jämfört med avvanda lamm (Santos-Silva et al., 2002; Velasco et al., 2004). Även tackans utfodring påverkar fettsyrasammansättningen i lammköttet. Scerra et al. (2007) fann att kött från lamm som diat betande tackor hade en högre andel omega-3 fettsyror och lägre n-6/n-3 kvot än kött från lamm som diat tackor som fått kraftfoder.

Typen av slutgödning påverkar fettsyrasammansättningen i köttet där bete leder till ett högre innehåll av omättade fettsyror och en lägre n-6/n-3 kvot jämfört med utfodring med kraftfoder (t.ex. Wood et al., 2003; Aurousseau et al., 2007). Även längden på slutgödningsperioden har visat sig spela roll. I en norsk studie jämfördes lamm som enbart gått på bete med lamm som betat fram till 24 respektive 44 dagar före slakt och därefter utfodrats med ensilage och kraftfoder. Man fann att de lamm som fått kraftfoder de sista 44 dagarna hade en signifikant högre n-6/n-3 kvot än de lamm som betat medan de som ätit kraftfoder i bara 24 dagar låg mittemellan (Lind et al., 2009b).

UTBLICK I OMVÄRLDEN: PROGRAM/VERIFIERINGAR FÖR KÖTT-KVALITET

Flera lammproducerande länder arbetar aktivt med att undersöka och utveckla lammköttskvaliteten. Några exempel på kvalitetsstandarder och ”good practice” inom köttkvalitetsområdet är:

- AHDB Beef and Lamb i England med ”Quality Standard Mark Scheme for Beef and Lamb”.
- Scotch Lamb i Skottland har tagit fram ”Lamb eating quality - summary of good practice”
- Teagasc arbetar för köttkvalitet i Irland.
- I Nya Zeeland arbetar Beef + Lamb New Zealand Ltd samt Alliance Group Ltd med köttkvalitet.
- I Australien utvecklas lammköttskvaliteten av ”Meat Standard Australia (MSA)” som drivs av Meat and Livestock Australia (MLA).

Information om Meat Standards Australia

Nedan följer en fritt översatt kortfattat information om ”MSA - Meat Standards Australia” hämtad från Meat Standards Australia sheepmeat information kit (MLA, 2015a).

Bakgrund

MLA är en organisation ägd av australiensiska nöt-, får- och getköttproducenter. MLA startade år 2000 tillsammans med forskare och köttindustrin ett forskningsprojekt ”Sheepmeat Eating Quality (SMEQ)”. Huvudsyftet var att säkerställa köttets kvalitet i hela produktionskedjan från producent till konsument. Ett mål var att definiera kritiska kontrollpunkter (CCP) som kan påverka köttkvaliteten och hitta det bästa arbetssättet i produktionskedjans samtliga länkar för att säkerställa en kvalitetssäkrad och jämn köttkvalitet (MLA, 2015a). Ett annat mål var att ge kunden information om bästa tillagningssätt på etiketten till varje konsumentförpackning av kött, se exempel på märkning i figur 4.



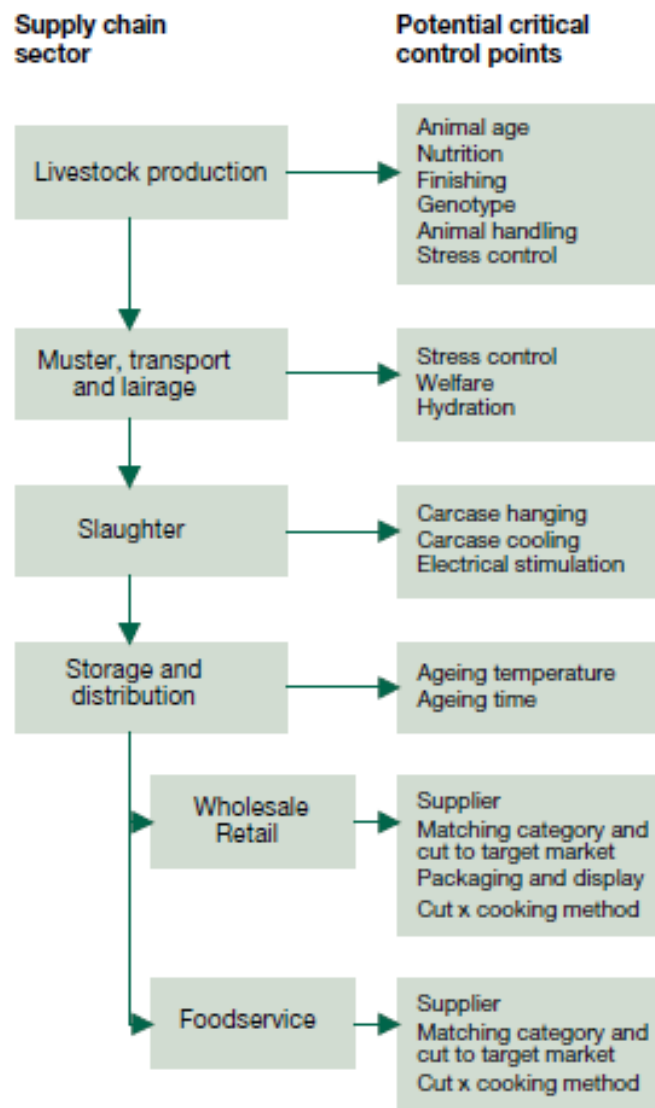
Figur 4. Exempel på etiketter för förpackat kött (MLA, 2015a).

Projektet har genererat ett större antal forskningsrapporter om får- och lammköttskvalitet (Pethick et al., 2014; Gardner et al., 2015). Utifrån forskningsresultat samt producenter och industrins erfarenheter har man utarbetat kvalitetssäkringsstandarder, manualer och informa-

tionsmaterial som täcker hela produktionskedjan för att säkerställa att kunden får utlovad köttkvalitet. Information om MSA och utveckling samt uppdatering av kunskap, standards, arbetssätt m.m. pågår kontinuerligt.

Identifierade kritiska kontrollpunkter

Projektet har analyserat 90 000 konsumenttester med avseende på parametrar som smak, saftighet och helhetsbedömning. Utifrån testerna har parametrar i produktionskedjan som kan påverka ätkvaliteten identifierats som potentiella kritiska kontrollpunkter (Figur 5).



Figur 5. Potentiella kritiska kontrollpunkter för ätkvalitet (MLA, 2015a).

Vad krävs för att köttet ska kunna MSA certifieras?

Samtliga delar i produktionskedjan måste vara anslutna till MSA och följa kontrollprogrammet (MLA, 2015a, b, c).

Producenten

Slaktdjursleverantören ska vara registrerad hos MSA och förbinda sig att följa MSA uppfödning- och hanteringsrekommendationer. Exempel på uppfödningrekommendationer är att lammen ska ha en minsta tillväxt på 100-150 g/dag vid slakt. Viktig hanteringsrekommenda-

tion är att undvika stress innan slakt. Djuren får t.ex. inte klippas senare än 2 veckor innan slakt och stress vid kritiska moment som samling och lastning ska minimeras. Vid varje slaktdjursleverans måste uppgifter om djuren som klippdatum, senaste utfodringstillfälle, andel av rasen merino m.m. samt deklaration följa med till slakteriet.

Producenten ska i samarbete med slakteriet säkerställa att djuren har tillgång till vatten på gården och slakteriet samt att de inte är utan foder mer än 48 timmar sammanräknad tid på gård och fram till slakttidpunkt. I Australien har dock många slakterier krav att djuren ska vara utan foder minst 12 timmar innan leverans för att djuren ska hålla sig rena under transporten till slakteriet. Vid slakt ska specifikationerna på djurkategori, slaktvikt och klassning i tabell 4 följas.

Tabell 4. MSA slaktkroppsspecifikationer, får- och lamm ((MLA, 2015a).

Kategori	Permanentatänder	Ålder (mån)	Slaktad vikt (kg)	Fettgrupp	Fettdjup ¹
Dilamm, ungt lamm	0	≥5	≥16	≥2	≥6
Lamm	0	≥12	≥18	≥2	≥6
Ungt får ("Hogget")	1-2	10-18	≥18	≥2	≥6
Får ("Mutton")	>1	>10	≥18	≥2	≥6

¹ mätt 110 mm från ryggraden ner på 12:e revbenet

Slaktdjurstransport, marknader, uppställning

Det finns utarbetade manualer och rekommendationer för hanteringen av djuren mellan gården och slakttillfället. Ett tydligt krav är att all personal som hanterar djur ska vara rutinerad och välutbildad. Stress ska undvikas i alla led i hanteringen. Djur från olika grupper ska inte blandas. Golv, drivningsgångar, utrustning i transportbilar, på uppställningsplatser m.m. ska vara utformade så att stress minimeras. Maximalt tillåts 48 timmar utan foder och 24 timmar utan vatten från att djuren börjar hanteras på gård till slakttillfälle. Djuren ska ha tillgång till vatten under uppställning. Transporttiden får inte överstiga 24 timmar och uppställningstiden på slakteriet får vara maximalt 24 timmar.

Slakt

Även vid slakttillfället framhålls vikten av att undvika stress. Det finns väl utarbetade regler och rekommendationer för att minska risken för att köttet ska bli segt på grund av köld- och värmesammandragningar. Faktorer som kan påverka köttkvaliteten är elstimulering, hängningsmetod, kylning och inom vilket temperaturintervall kroppen når rigor mortis som MSA anser nås vid ca pH 6, se tabell 5.

Tabell 5. Temperaturfönster för får- och lammkött (MLA 2015a).

Hängningsmetod	Bäckenbens- hängd	Akilles- hängd	Akilleshängd
Elektrisk stimulering	Nej	Ja	Nej
Slaktkroppen ska nå rigor mortis (ca pH 6) vid slaktkroppens temp:	8-35 °C	18-35 °C	8-18 °C
Minsta mörningstid, dagar	5	5	10

MSA - Omfattning och framtid

2013-2014 var det 37 600 lammproducenter anslutna till MSA och tillsammans levererade de 6,5 miljoner får och lamm till slakt årligen (Condon, 2014). Av dessa var det 93,5 % av slaktdjuren som uppfyllde samtliga av MSA:s kvalitetskrav och blev MSA-märkta. Totalt slaktades ca 32 miljoner får och lamm årligen i Australien under motsvarande period (ABS, 2015).

För att säkerställa att produkterna håller den förväntade kvaliteten har över 100 unika koncept med någon typ av kvalitetsmärkning för lamm- och nötkött anslutit sig och har tillstånd att MSA-märka sina produkter. 2 400 köttbutiker, livsmedelskedjor, grossister, restauranger m.fl. är anslutna till MSA. Landets största livsmedelskedja, Woolworths, anslöt sig 2012 vilket kraftigt ökat efterfrågan på kvalitetssäkrat kött enligt MSA. Under åren har omfattande informationskampanjer om MSA genomförts. Vid en undersökning 2014 kände 55 % av konsumenterna till märkningen och 80 % av dessa ansåg att de litade på märkningen (Condon, 2014).

Kan skillnader i produktionsförhållanden mellan länder påverka ”best practice” vid kvalitetssäkring?

Australiensarna har grundligt och målmedvetet undersökt vad som under deras förhållanden påverkar köttkvaliteten och hur påverkande faktorer ska hanteras på bästa sätt. Kan den svenska köttbranschen dra nytta av deras erfarenheter och kanske till och med kopiera Meat Standards Australia rakt av? Eller finns det skillnader i produktionen mellan länderna som man måste ta hänsyn till för att kvalitetssäkringssystemet ska leda fram till önskat resultat? Några skillnader mellan länderna som kan påverka köttkvaliteten kan vara värda att lyfta fram.

Smaktester

Finns det skillnader i svenska och australiensiska konsumenternas uppfattning om vad som är bra och viktiga ätkvalitetsegenskaper? Innan arbetet med MSA påbörjades i Australien fann man i smaktester att ca 20 % av det testade köttet upplevdes som oacceptabelt segt. Är bilden likadan i Sverige?

Köttbranschen

Det finns skillnader i teknisk utrustning mellan ländernas slakterier som kan påverka ätkvalitetsegenskaperna. Ett exempel är att elstimulering av slaktkroppen är vanligt i Australien men inte används alls i Sverige. I Australien har köttbranschen stort fokus på pH-sänkning, temperatur och mörningstid. Hur är kunskapen om och intresset för dessa frågor i Sverige?

Stress

I Australien läggs mycket stor vikt på att djuren ska ha väl fyllda glykogennivåer inför leverans från gård och att djuren inte får stressas på gården, under transporten eller i slakterier.

Det är stor skillnad mellan länderna då det gäller faktorer som kan påverka djurens glykogenförbrukning innan slakt. I Australien har en stor andel av lammen inslag av rasen merino som är extra stresskänslig. En annan skillnad är att djuren av hygienskäl inte utfodras från 12 timmar innan leverans från gården till slaktillfället för att minska risken för smutsiga djur vid slakt. Transporttiderna mellan gård och slakteri är också ofta långa. Risken för temperaturstress är också hög i Australien. Vilka är de största riskfaktorerna i Sverige?

Gården och djuren

I Sverige är det stora skillnader i utfodring beroende på årstid, sommartid mestadels bete, vintertid ensilage och varierande andel kraftfoder. I Australien är utfodringen mer lika över året. Finns det risk för att utfodringen spelar större roll för köttets smak i Sverige? Varierar smaken mer över året?

I Sverige varierar också lammens ålder vid slakt relativt mycket. Speciellt märkbart är det på våren då lamm vid slakten kan vara allt från ca 4 månader till ett år gamla. Trots att ätkvaliteten påverkas av ålder (Arsenos et al., 2002; Hopkins et al., 2006) delas de svenska lammen inte in i olika klasser beroende på ålder, vilket de gör i Australien.

I Sverige kastreras inte baggarna, något som är vanligt i Australien. Flera undersökningar (Sutherland & Ames, 1996; Watkins et al., 2010; Lind et al., 2011; Watkins et al., 2013) pekar mot att det finns risk för smakförändring när baggarna är äldre än 5-6 månader.

Det är stora skillnader i vilka raser som är vanliga i de olika länderna. Finns det skillnader i t.ex. den intramuskulära fettansättningen hos inhemska svenska raser jämfört med australiensiska raser? Hur genetiskt lika är populationerna i respektive länder av raser som suffolk, texel m.fl.?

ABSTRACT

Both nationally and internationally, consumers value lamb meat and its eating quality more and more. International studies show that flavour, tenderness, juiciness and colour are the most important characteristics regarding eating quality. Only a few studies have been made in Sweden, but they indicate that Swedish consumers prioritize the same characteristics. However, consideration must be given to different individuals, depending on experience, tradition, taste and expectations. To ensure that the consumer receives the eating quality that he or she is requesting, the entire production chain must have knowledge of the factors affecting the meat quality and the ability to provide the consumer with information about the quality of the specific piece of meat. Up till now, little focus has been paid on lamb meat quality in Sweden, both in research and in industry. Internationally, the interest has been higher and the major exporting countries have for many years invested substantial research resources to investigate consumer preferences, what influences the eating quality throughout the whole production chain and to develop extensive quality assurance programs. Currently, much work is focusing on genomic selection for meat quality characteristics.

International experience shows that lamb meat eating quality is affected by many factors, such as feeding and handling of both the live animal and the carcass but also the animal's age and gender. Ewe lambs, for example, usually have a higher percentage of intramuscular fat than comparable ram lambs. Further, rams older than five to six month risk to develop an undesirable off-flavour. Unlike the big lamb meat producing countries, the Nordic countries keep the rams intact, which means that the eating quality of rams is not well researched internationally.

The eating quality is also affected by the age of the animal. It is well known that meat from older animals are darker and have a more strong and intense flavour than meat from younger animals. Further, meat from older animals are often perceived as tougher since the connective tissue both increases and becomes firmer. However, the intramuscular fat also increases with age, which can alleviate the negative impact on tenderness of the increased proportion of connective tissue.

Since no work regarding eating quality has been done in Swedish, it is hard to tell if there are any differences between our domestic breeds. Internationally, the common view is that breed itself has little impact on eating quality characteristics. There are, however some examples. For instance, the breed Merino is known to be stress sensitive and are therefore at higher risk to develop DFD (Dark, Firm, Dry) which results in a meat that is perceived as dry, tough and with a very dark color. Furthermore, the proportion of intramuscular fat has proven to be of great importance to the eating quality characteristics and there are studies showing that there may be differences in the degree of intramuscular fat between different breeds. It is also proven that genetic selection for low fat and high percentage of lean muscle mass, without taking into account intramuscular fat, causes a deterioration in eating quality since the proportion of intramuscular fat tends to decrease. The intramuscular fat is very important for eating quality since the fat is a carrier of many flavours and contributes positively to the meat tenderness and juiciness.

The common opinion is that the feed affect meat color and flavour but does not have much impact on tenderness or juiciness. The meat of lambs reared on pasture are often perceived to have a stronger and more intense flavour compared to lambs fed mainly concentrate. Different types of grass has been shown to have little impact on the meat flavour. Some plants, such as rapeseed, can give off-flavour the meat. It has, however, been seen that feeding with a more neutral feed than rapeseed the last 7-14 days before slaughter reduces the risk of off-flavour.

For a good eating quality, animals should be gaining weight up until slaughter. The collagen in the connective tissue has a faster turnover in growing animals which enhances tenderness. If the animal is not growing, or even losing weight, the meat will become tougher since the animal will use muscle fibers and intramuscular fat to nourish itself but the connective tissue remains intact. A growing animal also has better conditions for a high level of glycogen in the muscles. A stressed animal uses glycogen, which is negative for the eating quality of the meat. In for example Australia, New Zealand and England the recommendation is that the animals should grow about 100-150 g/day the last weeks before slaughter and that they should be handled as stress-free as possible on the farm, during transport and at the slaughterhouse.

The handling of the living animal and the carcass at the slaughterhouse are very important for the eating quality characteristics. If the pH does not drop to the desired level because of lack of glycogen or the cooling of the body is not done properly, there is a great risk that the meat becomes tough and sometimes dry. It is very important that the slaughterhouses have good control over the entire process and monitor the pH and temperature fall of the carcasses. Experience from Australia shows that it is a great advantage for the eating quality of lamb meat if it is aged, either by hanging or in a vacuum packing. The recommendation is that not electrical stimulated, Achilles hung carcasses should be hanging for 10 days at 1 °C. If the carcass is tenderstreck or electrical stimulated, the hanging time can be reduced to 5 days. Correct performed electrical stimulation of the carcass also provides opportunities for more even meat quality.

ORDLISTA

Musculus infraspinatus – luffarbiff (liten styckningsdetalj som ofta används till färs)

Musculus longissimus dorsi – rygbiff + entrecote

Musculus longissimus lumborum – ryggbiff

Musculus longissimus thoriacis - entrecote

Musculus semimembranosus – innanlår (ingår i en stek vid icke urbenat tillstånd)

Musculus semitendinosus – rulle (ingår i en stek vid icke urbenat tillstånd)

Musculus supraspinatus – bogrulle (liten styckningsdetalj som ofta används till färs)

REFERENSER

- ABS. 2015. Livestock and meat, Australia,
<http://www.abs.gov.au/websitedbs/D3310114.nsf/home/home?opendocument>.
- AHDB. 2011. Guidelines for the measurement of pH in lamb.
http://beefandlamb.ahdb.org.uk/wp/wp-content/uploads/2013/04/guidelinesforthemeasurementofphinlamb_271011.pdf.
- Alliancegroup. 2010. Alliance Group Research into Lamb Meat Quality.
http://www.alliance.co.nz/PDF/Lamb_Meat_Quality_booklet.pdf.
- AMPC. 2015a. Fact sheet - intramuscular fat %.
<http://www.ampc.com.au/resources/factsheets/food-safety-meat-science-market-access-marketing-and-customer-related-information>.
- AMPC. 2015b. Fact sheet - lamb carcass composition.
<http://www.ampc.com.au/resources/factsheets/food-safety-meat-science-market-access-marketing-and-customer-related-information>.
- AMPC. 2015c. Fact sheet - lamb nutritional value.
<http://www.ampc.com.au/resources/factsheets/food-safety-meat-science-market-access-marketing-and-customer-related-information>.
- AMPC. 2015d. Fact sheet - meat colour and shelf life
- AMPC. 2015e. Fact sheet - meat colour stability.
<http://www.ampc.com.au/resources/factsheets/food-safety-meat-science-market-access-marketing-and-customer-related-information>.
- Anderson, F., Pethick, D. W. & Gardner, G. E. 2015a. The correlation of intramuscular fat content between muscles of the lamb carcass and the use of computed tomography to predict intramuscular fat percentage in lambs. *animal* 9: 1239-1249.
- Anderson, F., Pannier, L., Pethick, D. W. & Gardner, G. E. 2015b. Intramuscular fat in lamb muscle and the impact of selection for improved carcass lean meat yield. *Animal* 9: 1081-1090.
- Andrés, S., Huerga, L., Mateo, J., Tejido, M. L., Bodas, R., Morán, L., Prieto, N., Rotolo, L. & Giráldez, F. J. 2014. The effect of quercetin dietary supplementation on meat oxidation processes and texture of fattening lambs. *Meat Science* 96: 806-811.
- Arsenos, G., Banos, G., Fortomaris, P., Katsaounis, N., Stamataris, C., Tsaras, L. & Zygoyiannis, D. 2002. Eating quality of lamb meat: Effects of breed, sex, degree of maturity and nutritional management. *Meat Science* 60: 379-387.
- Arousseau, B., Bauchart, D., Calichon, E., Micol, D. & Priolo, A. 2004. Effects of grass or concentrate feeding systems and rate of growth on triglyceride and phospholipid and their fatty acids in the *M. longissimus thoracis* of lambs. *Meat Science* 66:531-541.
- Bas, P. & Morand-Fehr, P. 2000. Effect of nutritional factors on fatty acid composition of lamb fat deposits. *Livestock Production Science* 64:61-79
- Beriain, M. J., Purroy, A., Treacher, T. & Bas, P. 2000. Effect of animal and nutritional factors and nutrition on lamb meat quality. In: I. Ledin and P. Morand-Fehr (eds.) *Sheep and goat nutrition: Intake, digestion, quality of products and rangelands*. Cahiers Options Méditerranéennes No. 52. p 75-86. Zaragoza : CIHEAM.

- Bernués, A., Ripoll, G. & Panea, B. 2012. Consumer segmentation based on convenience orientation and attitudes towards quality attributes of lamb meat. *Food Quality and Preference* 26: 211-220.
- Bond, J. J., Can, L. A. & Warner, R. D. 2004. The effect of exercise stress, adrenaline injection and electrical stimulation on changes in quality attributes and proteins in Semimembranosus muscle of lamb. *Meat Science* 68: 469-477.
- Borton, R. J., Loerch, S. C., McClure, K. E. & Wulf, D. M. 2005. Comparison of characteristics of lambs fed concentrate or grazed on ryegrass to traditional or heavy slaughter weights. I. Production, carcass, and organoleptic characteristics. *Journal of Animal Science* 83: 679-685.
- Calnan, H. B., Jacob, R. H., Pethick, D. W. & Gardner, G. E. 2014. Factors affecting the colour of lamb meat from the longissimus muscle during display: The influence of muscle weight and muscle oxidative capacity. *Meat Science* 96: 1049-1057.
- Campbell, A. W., Mac Lennan, G., Lindsay, S., Behrent, M. R., Cheong, I. & Kerslake, J. I. 2012. Exploring the effects of growth rate and meat yield on lamb meat quality. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 72: 150-151.
- Carrasco, S., Panea, B., Ripoll, G., Sanz, A. & Joy, M. 2009. Influence of feeding systems on cortisol levels, fat colour and instrumental meat quality in light lambs. *Meat Science* 83: 50-56.
- Cheng, W., Cheng, J.-H., Sun, D.-W. & Pu, H. 2015. Marbling Analysis for Evaluating Meat Quality: Methods and Techniques. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 14: 523-535.
- Cloete, J. J. E., Cloete, S. W. P., Olivier, J. J. & Hoffman, L. C. 2007. Terminal crossbreeding of Dorper ewes to Ile de France, Merino Landsheep and SA Mutton Merino sires: Ewe production and lamb performance. *Small Ruminant Research* 69: 28-35.
- Cloete, S., Snyman, M. & Herselman, M. 2000. Productive performance of Dorper sheep. *Small Ruminant Research* 36: 119-135.
- Condon, J. 2014. MSA sheepmeat grading numbers hits 6 million head.
- Craigie, C. R., Lambe, N. R., Richardson, R. I., Haresign, W., Maltin, C. A., Rehfeldt, C., Roehe, R., Morris, S. T. & Bunger, L. 2012. The effect of sex on some carcass and meat quality traits in Texel ewe and ram lambs. *Animal Production Science* 52: 601-607.
- Díaz, M. T., Velasco, S., Pérez, C., Lauzurica, S., Huidobro, F. & Cañeque, V. 2003. Physico-chemical characteristics of carcass and meat Manchego-breed suckling lambs slaughtered at different weights. *Meat Science* 65: 1247-1255.
- Fisher, A. V., Enser, M., Richardson, R. I., Wood, J. D., Nute, G. R., Kurt, E., Sinclair, L. A. & Wilkinson, R. G. 2000. Fatty acid composition and eating quality of lamb types derived from four diverse breed × production systems. *Meat Science* 55: 141-147.
- Font i Furnols, M., Realini, C., Montossi, F., Sañudo, C., Campo, M. M., Oliver, M. A., Nute, G. R. & Guerrero, L. 2011. Consumer's purchasing intention for lamb meat affected by country of origin, feeding system and meat price: A conjoint study in Spain, France and United Kingdom. *Food Quality and Preference* 22: 443-451.
- Gardner, G. E., Kennedy, L., Milton, J. T. B. & Pethick, D. W. 1999. Glycogen metabolism and ultimate pH of muscle in Merino, first-cross, and second-cross wether lambs as affected by stress before slaughter. *Australian Journal of Agricultural Research* 50: 175-182.

- Gardner, G. E., Williams, A., Ball, A. J., Jacob, R. H., Refshauge, G., Hocking Edwards, J., Behrendt, R. & Pethick, D. W. 2015. Carcass weight and dressing percentage are increased using Australian Sheep Breeding Values for increased weight and muscling and reduced fat depth. *Meat Science* 99: 89-98.
- Glitsch, K. 2000. Consumer perceptions of fresh meat quality: cross-national comparison. *British Food Journal* 102: 177-194.
- Hadley, P. 2015. Eblex Bullentin 2015 Abattoir and Meat Processor Monitoring pH for meat-eating quality.
- Hanekom, Y. 2010. The effect of extensive and intensive production systems on the meat quality and carcass characteristics of Dohne Merino lambs. p 153. Stellenbosch University.
- Hersleth, M., Næs, T., Rødbotten, M., Lind, V. & Monteleone, E. 2012. Lamb meat — Importance of origin and grazing system for Italian and Norwegian consumers. *Meat Science* 90: 899-907.
- Hocquette, J. F., Gondret, F., Baza, E., Mdale, F., Jurie, C. & Pethick, D. W. 2010. Intramuscular fat content in meat-producing animals: Development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. *animal* 4: 303-319.
- Hopkins, D., Holst, P., Hall, D. & Atkinson, W. 1995. Carcass and meat quality of second-cross cryptorchid lambs grazed on chicory (*Cichorium intybus*) or lucerne (*Medicago sativa*). *Australian Journal of Experimental Agriculture* 35: 693-697.
- Hopkins, D. L. & Fogarty, N. M. 1998. Diverse lamb genotypes—2. Meat pH, colour and tenderness. *Meat Science* 49: 477-488.
- Hopkins, D. L., Fogarty, N. M. & Mortimer, S. I. 2011. Genetic related effects on sheep meat quality. *Small Ruminant Research* 101: 160-172.
- Hopkins, D. L., Hegarty, R. S. & Farrell, T. C. 2005b. Relationship between sire estimated breeding values and the meat and eating quality of meat from their progeny grown on two planes of nutrition. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 45: 525-533.
- Hopkins, D. L., Hegarty, R. S., Walker, P. J. & Pethick, D. W. 2006. Relationship between animal age, intramuscular fat, cooking loss, pH, shear force and eating quality of aged meat from sheep. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 46: 879-884.
- Hopkins, D. L. & Mortimer, S. I. 2014. Effect of genotype, gender and age on sheep meat quality and a case study illustrating integration of knowledge. *Meat Science* 98: 544-555.
- Hopkins, D. L., Stanley, D. F., Martin, L. C., Toohey, E. S. & Gilmour, A. R. 2007c. Genotype and age effects on sheep meat production 3. Meat quality. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 47: 1155-1164.
- Hopkins, D. L., Walker, P. J., Thompson, J. M. & Pethick, D. W. 2005a. Effect of sheep type on meat and eating quality of sheep meat. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 45: 499-507.
- Houdijk, J. 2010. Effects of chicory on sensory carcass quality in lambs, SAC 56020021.
- Jacob, R. H., D'Antuono, M. F., Gilmour, A. R. & Warner, R. D. 2014. Phenotypic characterisation of colour stability of lamb meat. *Meat Science* 96: 1040-1048.
- Jacob, R. H., D'Antuono, M. F., Smith, G. M., Pethick, D. W. & Warner, R. D. 2007. Effect of lamb age and electrical stimulation on the colour stability of fresh lamb meat. *Australian Journal of Agricultural Research* 58: 374-382.

- Jandasek, J., Milerski, M. & Lichovnikova, M. 2014. Effect of sire breed on physico-chemical and sensory characteristics of lamb meat. *Meat Science* 96: 88-93.
- Jose, C. G., Pethick D.W., Gardner, G.E., Jacob R.H. 2008. The colour stability of aged lamb benefits from Vitamin E supplementation.
- Knight, M. I., Daetwyler, H. D., Hayes, B. J., Hayden, M. J., Ball, A. J., Pethick, D. W. & McDonagh, M. B. 2014. An independent validation association study of carcass quality, shear force, intramuscular fat percentage and omega-3 polyunsaturated fatty acid content with gene markers in Australian lamb. *Meat Science* 96: 1025-1033.
- Lambe, N. R., Conington, J., Bishop, S. C., McLean, K. A., Bünger, L., McLaren, A. & Simm, G. 2008. Relationships between lamb carcass quality traits measured by X-ray computed tomography and current UK hill sheep breeding goals. *animal* 2: 36-43.
- Lambe, N. R., Macfarlane, J. M., Richardson, R. J., Matika, O., Haresign, W. & Bünger, L. 2010. The effect of the Texel muscling QTL (TM-QTL) on meat quality traits in crossbred lambs. *Meat Science* 85.
- Lambe, N. R., Richardson, R. I., Macfarlane, J. M., Nevison, I., Haresign, W., Matika, O. & Bünger, L. 2011. Genotypic effects of the Texel Muscling QTL (TM-QTL) on meat quality in purebred Texel lambs. *Meat Science* 89: 125-132.
- Lind, V., Berg, J., Eik, L. O., Mølmann, J., Haugland, E., Jørgensen, M. & Hersleth, M. 2009a. Meat quality of lamb: Pre-slaughter fattening on cultivated or mountain range pastures. *Meat Science* 83: 706-712.
- Lind, V., Berg, J., Eik, L. O., Eilertsen, M., Mølmann, J., Hersleth, M., Afseth, N. K. & Haugland, E. 2009b. Effects of concentrate or ryegrass-based diets (*Lolium multiflorum*) on the meat quality of lambs grazing on semi-natural pastures. *Acta Agriculturae Scand Section A* 59:203-238
- Lind, V., Berg, J., Eilertsen, S. M., Hersleth, M. & Eik, L. O. 2011. Effect of gender on meat quality in lamb from extensive and intensive grazing systems when slaughtered at the end of the growing season. *Meat Science* 88: 305-310.
- Lorentzen, T. K. & Vangen, O. 2012. Genetic and phenotypic analysis of meat quality traits in lamb and correlations to carcass composition. *Livestock Science* 143: 201-209.
- Lowe, T. E., Peachey, B. M. & Devine, C. E. 2002. The effect of nutritional supplements on growth rate, stress responsiveness, muscle glycogen and meat tenderness in pastoral lambs. *Meat Science* 62: 391-397.
- Martínez-Cerezo, S., Sañudo, C., Medel, I. & Olleta, J. L. 2005. Breed, slaughter weight and ageing time effects on sensory characteristics of lamb. *Meat Science* 69: 571-578.
- Mateescu, R. G., Garrick, D. J., Garmyn, A. J., Vanoverbeke, D. L., Mafi, G. G. & Reecy, J. M. 2015. Genetic parameters for sensory traits in longissimus muscle and their associations with tenderness, marbling score, and intramuscular fat in Angus cattle. *Journal of Animal Science* 93: 21-27.
- Matthews, K. R., Ford, L. 2012. Review of published literature and unpublished research on factors influencing lamb quality.
- McPhail, N. G., Stark, J. L., Ball, A. J. & Warner, R. D. 2014. Factors influencing the occurrence of high ultimate pH in three muscles of lamb carcasses in Australia. *Animal Production Science* 54: 1853-1859.

- MLA. 2015a. Meat Standards Australia sheepmeat information kit, <http://www.mla.com.au/News-and-events/Publications>.
- MLA. 2015b. Standards Manual Section 8: Processor, <http://www.mla.com.au/Marketing-beef-and-lamb/Meat-Standards-Australia/MSA-Standards>.
- MLA. 2015c. Standards Manual Section 5: Livestock Supply, <http://www.mla.com.au/Marketing-beef-and-lamb/Meat-Standards-Australia/MSA-Standards>.
- Montossi, F., Font-i-Furnols, M., del Campo, M., San Julián, R., Brito, G. & Sañudo, C. 2013. Sustainable sheep production and consumer preference trends: Compatibilities, contradictions, and unresolved dilemmas. *Meat Science* 95: 772-789.
- Mortimer, S. I., van der Werf, J. H. J., Jacob, R. H., Hopkins, D. L., Pannier, L., Pearce, K. L., Gardner, G. E., Warner, R. D., Geesink, G. H., Hocking Edwards, J. E., Ponnampalam, E. N., Ball, A. J., Gilmour, A. R. & Pethick, D. W. 2014. Genetic parameters for meat quality traits of Australian lamb meat. *Meat Science* 96: 1016-1024.
- Mottram, D. S. 1998. Flavour formation in meat and meat products: a review. *Food Chemistry* 62: 415-424.
- Mushi, D. E., Eik, L. O., Sørheim, O. & Ådnøy, T. 2008. Effects of concentrate feeding systems, genotype and sex on productive performance and meat quality of Norwegian lambs. *Acta Agriculturae Scandinavica A: Animal Sciences* 58: 23-30.
- Navajas, E. A., Lambe, N. R., Fisher, A. V., Nute, G. R., Bünger, L. & Simm, G. 2008. Muscularity and eating quality of lambs: Effects of breed, sex and selection of sires using muscularity measurements by computed tomography. *Meat Science* 79: 105-112.
- Newton, K. G. & Gill, C. O. 1981. The microbiology of DFD fresh meats: A review. *Meat Science* 5: 223-232.
- Pannier, L., Gardner, G. E., Pearce, K. L., McDonagh, M., Ball, A. J., Jacob, R. H. & Pethick, D. W. 2014a. Associations of sire estimated breeding values and objective meat quality measurements with sensory scores in Australian lamb. *Meat Science* 96: 1076-1087.
- Pannier, L., Pethick, D. W., Geesink, G. H., Ball, A. J., Jacob, R. H. & Gardner, G. E. 2014b. Intramuscular fat in the longissimus muscle is reduced in lambs from sires selected for leanness. *Meat Science* 96: 1068-1075.
- Park, R. J., Corbett, J. L. & Furnival, E. P. 1972a. Flavour differences in meat from lambs grazed on lucerne (*Medicago sativa*) or phalaris (*Phalaris tuberosa*) pastures. *The Journal of Agricultural Science* 78: 47-52.
- Park, R. J., Spurway, R. A. & Wheeler, J. L. 1972b. Flavour differences in meat from sheep grazed on pasture or winter forage crops. *The Journal of Agricultural Science* 78: 53-56.
- Pethick, D. W., Ball, A. J., Banks, R. G., Gardner, G. E., Rowe, J. B. & Jacob, R. H. 2014. Translating science into the next generation meat quality program for Australian lamb. *Meat Science* 96: 1013-1015.
- Pethick, D. W., Davidson, R., Hopkins, D. L., Jacob, R. H., D'Souza, D. N., Thompson, J. M. & Walker, P. J. 2005. The effect of dietary treatment on meat quality and on consumer perception of sheep meat eating quality. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 45: 517-524.
- Pethick, D. W., Pleasants, A. B., Gee, A. M., Hopkins, D. L. & Ross, I. R. 2006. Eating quality of commercial meat cuts from Australian lambs and sheep. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 66: 363-367.

- Prescott, J., Young, O. & O'Neill, L. 2001. The impact of variations in flavour compounds on meat acceptability: a comparison of Japanese and New Zealand consumers. *Food Quality and Preference* 12: 257-264.
- Priolo, A., Micol, D., Agabriel, J., Prache, S. & Dransfield, E. 2002. Effect of grass or concentrate feeding systems on lamb carcass and meat quality. *Meat Science* 62: 179-185.
- QMS. 2005. Lamb Eating Quality Summary of Good Practice Scotch Lamb.
- Santos-Silva, J., Bessa, R. J. B. & Santos-Silva, F. 2002. Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs 2. Fatty acid composition of meat. *Livestock Production Science* 77:187-194
- Sañudo, C., Enser, M. E., Campo, M. M., Nute, G. R., María, G., Sierra, I. & Wood, J. D. 2000. Fatty acid composition and sensory characteristics of lamb carcasses from Britain and Spain. *Meat Science* 54: 339-346.
- Sañudo, C., Nute, G. R., Campo, M. M., María, G., Baker, A., Sierra, I., Enser, M. E. & Wood, J. D. 1998a. Assessment of commercial lamb meat quality by British and Spanish taste panels. *Meat Science* 48: 91-100.
- Sañudo, C., Sanchez, A. & Alfonso, M. 1998b. Small ruminant production systems and factors affecting lamb meat quality. *Meat Science* 49: S29-S64.
- Scerra, M., caparra, P., Foti, F., Galofaro, V., Sinatra, M. C. & Scerra, V. 2007. Influence of ewe feeding systems on fatty acid composition of suckling lambs. *Meat Science* 76:390-394.
- Shackelford, S. D., Leymaster, K. A., Wheeler, T. L. & Koohmaraie, M. 2012. Effects of breed of sire on carcass composition and sensory traits of lamb. *Journal of Animal Science* 90: 4131-4139.
- Shackelford, S. D., Wheeler, T. L. & Koohmaraie, M. 2004b. Evaluation of sampling, cookery, and shear force protocols for objective evaluation of lamb longissimus tenderness. *Journal of Animal Science* 82: 802-807.
- Shingfield, K.J., Chilliard, Y., Toivonen, V., Kairenius, P. & Givens, D.I. 2008. Trans fatty acids and bioactive lipids in ruminant milk. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 606: 3-65.
- Siri-Tarino, P.W., Sun, Q., Hu, F.B. & Krauss, R.M. 2010. Saturated fat, carbohydrate, and cardiovascular disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, 91, 502-509.
- Snowder, G. & Duckett, S. 2003. Evaluation of the South African Dorper as a terminal sire breed for growth, carcass, and palatability characteristics. *Journal of Animal Science* 81: 368-375.
- SRUC. 2014. Morrisons and SRUC Join Forces to Reduce Waste and Increase Taste in UK Lamb Production. <http://www.sruc.ac.uk/news/article/1075/>.
- Stenberg, H. 2012. Ett svenskt system för kvalitetsklassificering av nötkött. *Matlandet Sverige* Dnr 19-10925/12.
- Sutherland, M. M. & Ames, J. M. 1996. Free Fatty Acid Composition of the Adipose Tissue of Intact and Castrated Lambs Slaughtered at 12 and 30 Weeks of Age. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44: 3113-3116.
- Sylvestre, M. N., Balcerzak, D., Feidt, C., Baracos, V. E. & Brun Bellut, J. 2002. Elevated rate of collagen solubilization and postmortem degradation in muscles of lambs with high

- growth rates: Possible relationship with activity of matrix metalloproteinases. *Journal of Animal Science* 80: 1871-1878.
- Teixeira, A., Batista, S., Delfa, R. & Cadavez, V. 2005. Lamb meat quality of two breeds with protected origin designation. Influence of breed, sex and live weight. *Meat Science* 71: 530-536.
- Tilman, B. 2000. Consumer perception of fresh meat quality: a framework for analysis. *British Food Journal* 102: 158-176.
- Turner, K.E., Belesky, D.P., Cassida, K.A. & Zerby, H.N. 2014. Carcass merit and meat quality in Suffolk lambs, Katahdin lambs, and meat-goat kids finished on a grass-legume pasture with and without supplementation. *Meat Science* 98: 211-219
- Valsta, L. M., Tapanainen, H. & Männistö, S. 2005. Meat fats in nutrition. *Meat Science* 70: 525-530.
- Velasco, S., Cañeque, V., Lauzurica, S. & Huidobro, F. 2004. Effect of different feeds on meat quality and fatty acid composition of lambs fattened at pasture. *Meat Science* 66:457-465
- Warriss, P. D. 2009. *Meat science: an introductory text* Wallingford; CABI Publishing.
- Watkins, P. J., Frank, D., Singh, T. K., Young, O. A. & Warner, R. D. 2013. Sheepmeat flavor and the effect of different feeding systems: A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61: 3561-3579.
- Watkins, P. J., Rose, G., Salvatore, L., Allen, D., Tucman, D., Warner, R. D., Dunshea, F. R. & Pethick, D. W. 2010. Age and nutrition influence the concentrations of three branched chain fatty acids in sheep fat from Australian abattoirs. *Meat Science* 86: 594-599.
- Webb, E. C. & Erasmus, L. J. 2013. The effect of production system and management practices on the quality of meat products from ruminant livestock. *South African Journal of Animal Sciences* 43: 415-423.
- Veiseth, E., Shackelford, S. D., Wheeler, T. L. & Koohmaraie, M. 2004. Factors regulating lamb longissimus tenderness are affected by age at slaughter. *Meat Science* 68: 635-640.
- Wheeler, J. L., Park, R. J., Spurway, R. A. & Ford, A. L. 1974. Variation in the effects of forage rape on meat flavour in sheep. *The Journal of Agricultural Science* 83: 569-571.
- Wiese, S. C., Pethick, D. W., Milton, J. T. B., Davidson, R. H., McIntyre, B. L. & D'Souza, D. N. 2005. Effect of teeth eruption on growth performance and meat quality of sheep. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 45: 509-515.
- Vipond, J. E., Marie, S. & Hunter, E. A. 1995. Effects of clover and milk in the diet of grazed lambs on meat quality. *Animal Science* 60: 231-238.
- Wood, D. J., Richardson, R. I., Nute, G. R., Fisher, A. V., Campo, M. M., Kasapidou, E., Sheard, P. R. & Enser, M. 2003. Effects of fatty acids on meat quality: A review. *Meat Science* 66: 21-32.
- Våge, D. I. & Boman, I. A. 2010. A nonsense mutation in the beta-carotene oxygenase 2 (BCO2) gene is tightly associated with accumulation of carotenoids in adipose tissue in sheep (*Ovis aries*). *BMC Genetics* 11: 10-10.
- Young, O. A., Berdagué, J. L., Viallon, C., Rousset-Akrim, S. & Theriez, M. 1997. Fat-borne volatiles and sheepmeat odour. *Meat Science* 45: 183-200.

Young, O. A., Hopkins, D. L. & Pethick, D. W. 2005. Critical control points for meat quality in the Australian sheep meat supply chain. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 45: 593-601.

Zimerman, M., Domingo, E., Grigioni, G., Taddeo, H. & Willems, P. 2013. The effect of pre-slaughter stressors on physiological indicators and meat quality traits on Merino lambs. *Small Ruminant Research* 111: 6-9.

Ådnøy, T., Haug, A., Sørheim, O., Thomassen, M. S., Varszegi, Z. & Eik, L. O. 2005. Grazing on mountain pastures-does it affect meat quality in lambs? *Livestock Production Science* 94: 25-31.

Vid **Institutionen för husdjurens miljö och hälsa** finns tre publikationsserier:

- * **Avhandlingar:** Här publiceras masters- och licentiatavhandlingar
- * **Rapporter:** Här publiceras olika typer av vetenskapliga rapporter från institutionen.
- * **Studentarbeten:** Här publiceras olika typer av studentarbeten, bl.a. examensarbeten, vanligtvis omfattande 7,5-30 hp. Studentarbeten ingår som en obligatorisk del i olika program och syftar till att under handledning ge den studerande träning i att självständigt och på ett vetenskapligt sätt lösa en uppgift. Arbetenas innehåll, resultat och slutsatser bör således bedömas mot denna bakgrund.

Vill du veta mer om institutionens publikationer kan du hitta det här:
www.slu.se/husdjurmiljohalsa

DISTRIBUTION:

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och
husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens miljö och hälsa
Box 234
532 23 Skara
Tel 0511-67000
E-post: hmh@slu.se
Hemsida:
www.slu.se/husdjurmiljohalsa

*Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal
Science
Department of Animal Environment and Health
P.O.B. 234
SE-532 23 Skara, Sweden
Phone: +46 (0)511 67000
E-mail: hmh@slu.se
Homepage:
www.slu.se/animalenvironmenthealth*
