



Rapport

Guidelines for detailpakning af fersk svinekød

14. marts 2013
Proj.nr. 2001533-12
Version 1
MATN/MT

Mari Ann Tørngren



Koteletter



Hakket bov



Skinkeschnitzler



Flæsk i skiver

State of the art

Pakning i modificeret atmosfære (MAP) har været anvendt siden 1970'erne og anvendes i stadig stigende omfang til pakning af kølede fødevarer, heriblandt fersk kød og kødprodukter. De to vigtigste faktorer for optimal MAP-kvalitet er god råvarekvalitet (sensorisk og mikrobiel) og temperaturstyring gennem hele kæden. Men andre faktorer, så som emballagevalg, pakkemaskine og gassammensætning, er også afgørende for kvaliteten i sidste ende (Singh et al., 2011). Der anvendes forskellige pakkegasser afhængig af produktets egenskaber, men oxygen O_2 , nitrogen N_2 og kuldioxid CO_2 er de mest anvendte til fødevarer. Gasserne kan anvendes rene eller blandet i forskellige forhold, men til MAP-pakning af kød anvendes traditionelt 70 - 80 % oxygen og 20 - 30 % kuldioxid. Oxygen anvendes for at sikre en attraktiv rød og bloomet farve af kødet under lagring (Pearson and Young, 1989), men vil også oxidere umættede fedtsyrer, strukturproteiner (Estévez, 2011) og pigment i kødet samt medføre harskning, sejhed og gennemstegt udseende i både svinekød (Lund et al., 2007), oksekød (Clausen and Baltzer, 2004; Tørngren, 2003; Clausen et al., 2009; Clausen, 2003; Lagerstedt et al., 2011a) og fjerkræ (Jongberg et al. 2012).

Kuldioxid anvendes i MA-pakning til hæmning af mikrobiel vækst. Den antimikrobielle effekt stiger ved stigende CO_2 -koncentration fra 20 - 100 % i både svinekød og oksekød (Sørheim et al., 1996; Nissen et al., 1996) dog med minimal effektøgning fra 20 - 50 % CO_2 (Jakobsen and Bertelsen, 2002), mens pakning i 60 - 100 % CO_2 gør svinekød mere sejt, tørt og hullet (Hviid & Bejerholm, 2001). Kuldioxid påvirker ikke kødfarven (Gill, 1996), men pakkes kødet iltfrit, vil små mængder restoxygen kunne forårsage øjeblikkelig misfarvning af overfladen (Ledward, 1970).

Der er således fordele og ulemper ved at øge koncentrationen af både oxygen og kuldioxid. Som alternativ til traditionel 2-gasløsning (O_2 , CO_2) kan også anvendes 3-gasløsninger (O_2 , CO_2 , N_2), hvor nitrogen anvendes som inert fyldgas. Der er beskeden viden om de sensoriske og holdbarhedsmæssige konsekvenser ved 3-gasløsninger, men enkelte undersøgelser tyder på acceptable alternativer ved pakning i 40 % O_2 , 30 % CO_2 og 30 % N_2 til pakning af svinekød (Hviid et al., 2007) og 50 % O_2 , 30 % CO_2 og 20 % N_2 til pakning af oksekød.

Et mere anvendt alternativ er pakning uden gas, hvor kødet pakkes i vakuum eller skinpakning. Ved disse pakkeformer bevares smag, farve og mørhed bedre end i MAP med højt oxygenindhold (Lagerstedt et al., 2011b), og lagringssvind kan reduceres fra ca. 5 % til 1 % under kølelagring (Lund et al., 2007). Ulempen ved iltfri pakning er dog, at pigmentet findes i den violette deoxymyoglobinform (Baron and Andersen, 2002), der er mindre attraktivt for forbrugerne. Sammenlignes vakuum og skinpakning, medfører skinpakning bedre farvestabilitet (Li et al., 2012), mindre dryptab, men også ændret udseende i form af et mere fladt stykke kød (Lagerstedt et al., 2011b).

I nedenstående tabel er samlet tidligere og nuværende viden omkring betydningen af gassammensætning for MA-pakket fersk kød. Der er relativt begrænset publiceret viden omkring de kvalitetsmæssige udfordringer ved at sænke oxygenkoncentrationen i head-space, men der er god oversenstemmelse undersøgelser imellem.

Gas	State of the art	Reference
0 - 10 % O ₂	Koteletter og hakket kød er farvestabile i mere end 13 dage og har en holdbarhed på 7 - 8 dage ved 5 °C. Restoxygen mellem 0,5 og 1 % vil dog medføre øjeblikkelig misfarvning af overfladen. Risiko for harskning og PMB er minimeret. Desuden kan der forekomme putrid lugt ved åbning af pakkerne i 0 % O ₂ , og farven er ikke bloomet.	Ledward, 1970 Tørngren, 2012 Tørngren & Darré, 2013
20 - 50 % O ₂	Kødfarven er stabil i ca. 9 - 12 dage for koteletter og 7 - 8 dage for hakket svinekød og der kan forekomme begyndende PMB omkring 40 % O ₂ for krebinetter og koteletter. For koteletter og schnitzler opnås dog bedre mørhed og mindre WOF ved 0 - 40 % O ₂ sammenlignet med 50 - 80 % O ₂ .	Hviid, 2007 Tørngren & Darré, 2013 Tørngren, 2012
50 - 80 % O ₂	Farvestabiliteten er ca. 9 dage for både koteletter og hakket svinekød og tilberedte koteletter og krebinetter være PMB. Desuden vil svinekød generelt opleves som mindre mørt, samt med mindre kødsmag og mere harsk eller genopvarmet smag.	Tørngren, 2012 Tørngren & Darré, 2013 Esmer et al., 2011 Lund et al. 2007
20 - 40 % CO ₂	Antimikrobiel effekt øges fra 20 - 100 % CO ₂ , men for koteletter og schnitzler ses en negativ effekt på stege-svind og saftighed fra omkring 40 %. Desuden tyder nye resultater på, at PMB øges, når CO ₂ stiger fra 20 - 40 %, selvom oxygenindholdet holdes konstant (50 %). Dog er der risiko for begyndende huldannelse ved CO ₂ omkring 40 %. Øges CO ₂ fra 20 til 40 %, påvirkes lagringssvindet ikke for koteletter, schnitzler og hakket bov, derimod vil vakuumpakning af koteletter kunne reducere lagringssvindet 6 % til kun 1 %.	Sørheim et al., 2002 Tørngren & Darré, 2013 Hviid, 2007 Lund et al., 2007
50 - 80 % CO ₂	Antimikrobiel effekt øges fra 20 - 100 %, mens CO ₂ ingen betydning har for rå farve. Koteletter pakket i 60 - 100 % CO ₂ bliver mere hårde, trevlede, seje og hullede, og saftighed reduceres i forhold til pakning i 20 % CO ₂ .	Sørheim et al., 2002 Nissen et al, 1996 Hviid & Bejerholm, 2001

I nedenstående skemaer er lavet en opsummering over fordele og ulemper når oxygen- og kuldioxidkoncentrationen varieres ved MA-pakning af koteletter, skinkeschnitzler, hakket bov og stegeflæsk og henvises til som Tørngren & Darré 2013. Resultaterne er baseret på lagringsforsøg fra 2012, udarbejdet i projektet 'Optimeret detailpakning af fersk svinekød'. Skemaerne redegør for ændringer i farvestabilitet, rå lugt samt svind, smag og mørhed. Med fed skrift er fremhævet de ændringer der er relateret specifikt til traditionel MA-pakning i 80% O₂ + 20% CO₂.

Optimeret MA-pakning af koteletter			
Gas	Fakta	Fordele	Ulemper
0 % O ₂ 20 % CO ₂	Rå lugt: 9-12 dage Farve > 13 dage Lagringssvind: 5-8% Stegesvind: 18%	Farvestabilitet er bedre end 80/20, og holdbarhed er lig med 80/20. Der er ingen PMB- og WOF-dannelse, da oxygen ikke er tilstede. Desuden opnås bedre mørhed end pakning i 80/20 eller 50/40. Rå lugt = 80/20 PMB, WOF < 80/20 Farvestabilitet, mørhed > 80/20	Der er putrid lugt ved åbning af pakken, der dog aftager ved afgang. Deruover er det primært CO ₂ , der påvirker stegesvind, derfor giver iltfri MA-pakning ikke den samme sænkning i svind, som det er set ved vakuumpakning. Lagringssvind, stegesvind og saftighed er ikke forskellig fra MA-pakning i 80/20. Farven er ikke bloomet. Svind, saftighed = 80/20 Putrid ved åbning > 80/20
40 % O ₂ 20 % CO ₂	Rå lugt: 9-12 dage Farve > 13 dage Lagringssvind: 6-8% Stegesvind: 17%	Farvestabilitet er bedre end 80/20, og holdbarhed er lig med 80/20. Der er ingen PMB, selvom der er 30-40 % O ₂ i headspace. WOF er mindre end 80/20 og 50/40. Desuden opnås bedre mørhed end pakning i 80/20 eller 50/40. WOF, PMB < 80/20 Rå lugt = 80/20 Farve, mørhed > 80/20	Det er primært CO ₂ , der påvirker svindet, derfor er lagringssvind, stegesvind og saftighed ikke forskellig fra MA-pakning i 80/20. Lagringssvind, stegesvind, saftighed = 80/20
50 % O ₂ 20 % CO ₂	Rå lugt: 9-12 Farve > 13 dage Lagringssvind: 6-8% Stegesvind: 17-19%	Farvestabilitet er bedre end, og holdbarhed er lig med 80/20. WOF er mindre end 80/20 og 50/40. Der ses nogen PMB fra dag 6. (PMB), WOF < 80/20 Rå lugt = 80/20 Farve > 80/20	Lagringssvind og stegesvind er ikke forskelligt fra 80/20, men koteletterne er mindre møre end 0/20. Svind, mørhed = 80/20
80 % O ₂ 20 % CO ₂	Rå lugt: 9-12 dage Farve: 9-12 dage Lagringssvind: 6-8% Stegesvind: 18%	Farvestabilitet og holdbarhed er 9-12 dage. MA-pakning af koteletter i 20 % CO ₂ giver 6-8 % lagringssvind og ca. 18 % stegesvind.	Farvestabilitet reduceres i forhold til MA-pakning i 0-50 % O ₂ samt giver kødet PMB, mindre mørhed og øget WOF sammenlignet med pakning i 0-40 % O ₂ .
50 % O ₂ 40 % CO ₂	Rå lugt = 13 dage Farve: 9-12 dage Lagringssvind: 6-9% Stegesvind: 19-20%	Farvestabilitet er lig 80/20, og holdbarheden er forlænget 2-3 dage. Farve = 80/20 Rålugt > 80/20	Det forhøjede CO ₂ -indhold øger stegesvind og reducerer saftighed samt risiko for PMB og huldannelse (se schnitzler). Mørhed er reduceret i forhold til pakning i 0/20 og 40/20, men er på niveau med 80/20 og 50/40. PMB, WOF, mørhed = 80/20 Stegesvind > 80/20 Saftighed < 80/20

Guidelines	Oxygen	Kuldioxid	Temperatur
Kotelet Lugt: 9-12 dage Farve > 13 dage	40 %	20 - 30 %	2 - 5 °C
	Den længste holdbarhed opnås ved at pakke koteletter i 50 % O ₂ + 40 % CO ₂ , men kan ikke anbefales på grund af en lang række andre kvalitetsforringelser. Det bedste alternativ til traditionel MA-pakning i 80 % O ₂ + 20 % CO ₂ er derfor 40 % O ₂ + 20 % CO ₂ , da holdbarheden er uændret, og farvestabiliteten forbedret. Desuden øges mørhed, og risiko for PMB reduceres, mens saftighed og stegesvind er lig traditionel MA-pakning. Holdbarheden kan muligvis øges ved at anvende 30 % CO ₂ , dog med risiko for øget svind.		

Optimeret MA-pakning af skinkeschnitzler			
Gas	Fakta	Fordele	Ulemper
0 % O ₂ 20 % CO ₂	Farve >13 dage Rå lugt: ca. 13 dage Lagringsvind: 6-8% Stegesvind: 23-24%	Farvestabilitet er lig med 80/20, mens holdbarheden er forbedret 1-3 dage. Der er ingen snug down, og kødet er mere mørt og mindre PMB og harsk end pakning i både 80/20 og 50/40. Harsk, PMB < 80/20 Farve = 80/20 Rå lugt, mørhed > 80/20	Putrid lugt ved åbning pakken, der dog aftager ved afgasning. Det er primært kuldioxid, der påvirker svindet, derfor er lagringsvind, stegesvind og saftighed ikke forskellig fra MA-pakning i 80/20. Bitter smag stiger under lagring, og dag 9 opleves kødet mere bittert end 40/20, 80/20 og 50/40. Farven er ikke bloomet. Svind, saftighed = 80/20 Bitter > 80/20 (dag 9) Putrid ved åbning > 80/20
40 % O ₂ 20 % CO ₂	Farve > 13 dage Rå lugt: 9-12 dage Lagringsvind:5-8% Stegesvind: 18-22%	Farvestabilitet og holdbarhed er lig med 80/20, mens stegesvindet er betydeligt lavere end øvrige gasser dag 2. Kødet er desuden mindre harsk end 80/20 og 50/40 samt mindre bitter end 0/20, 50/20 og 80/20. Stegesvind, harsk, bitter < 80/20 Farve, rå lugt = 80/20 Mørhed > 80/20	Det er primært kuldioxid, der påvirker svindet, derfor er lagringsvind og saftighed ikke forskellig fra MA-pakning i 80/20. Saftighed og lagringsvind = 80/20
50 % O ₂ 20 % CO ₂	Farve > 13 dage Rå lugt: 9-12 dage Lagringsvind: 5-8 Stegesvind: 23-24%	Farvestabilitet og holdbarhed er lig med 80/20, men mindre harsk. Harsk < 80/20 Farve, rå lugt = 80/20	Det er primært kuldioxid, der påvirker svindet, derfor er lagringsvind, stegesvind og saftighed ikke forskellig fra MA-pakning i 80/20. Svind, saftighed = 80/20
80 % O ₂ 20 % CO ₂	Farve > 13 dage Rå lugt: 9-12 dage Lagringsvind: 4-9% Stegesvind: 22-23%	Farvestabilitet er > 13 dage, mens holdbarheden er 9-12 dage.	Øger PMB og harsk smag samt gør schnitzler mindre møre end ved pakning i 0-40 % O ₂ . Mørhed < 0/20, 40/20 Harsk, PMB > 0/20
50 % O ₂ 40 % CO ₂	Farve >13 dage Rå lugt > 13 dage Lagringsvind: 5-8% Stegesvind: 22-27%	Farvestabilitet er lig med 80/20, mens holdbarheden er forbedret minimum 1-3 dage. Farve = 80/20 Rå lugt > 80/20	Stegesvind, saftighed og huldannelse påvirkes negativt når CO ₂ øges fra 20 % til 40 %. Desuden ser kødet mere gennemstegt ud (PMB) end schnitzler, der er pakket i 20 % CO ₂ . Lagringsvind = 80/20 Stegesvind, huller, PMB > 80/20 + øvrige Saftighed < 80/20

Guidelines	Oxygen	Kuldioxid	Temperatur
Schnitzler Lugt: 9-12 dage Farve > 13 dage	40 %	20 - 30 %	2-5 °C
	Ved pakning i 50 % O ₂ + 40 % CO ₂ opnås en holdbarhed på mere end 13 dage, men denne pakkegas medfører også en lang række kvalitetsforringelser. MA-pakning i 40 % O ₂ + 20 % CO ₂ ses som det bedste alternativ til traditionel MA-pakning, da denne pakkegas giver samme holdbarhed og lagringsvind, og der opnås bedre mørhed og mindre PMB, harskning og stegesvind end ved pakning i 50-80 % O ₂ .		

Optimeret MA-pakning af hakket bov			
Gas	Fakta	Fordele	Ulemper
0 % O ₂ 20 % CO ₂	Farve > 13 dage Rå lugt: 7-8 dage Lagringssvind < 1% Stegesvind: 25-28%	Farvestabilitet er forbedret med minimum 1-3 dage, mens holdbarheden er lig med 80/20. Desuden opnås bedre kødsmag end ved pakning i 40-80% O ₂ samt mere saftige krebinetter end ved pakning i 50-80 % O ₂ . Strukturen bliver desuden mindre fast end 80/20, og der er ingen PMB. Overraskende er denne ikke mindre harsk, muligvis pga. gammel smag. Rå lugt = 80/20 Farve, kødsmag, saftig > 80/20 Fasthed, PMB < 80/20	Der er putrid lugt ved åbning af pakken, der dog aftager ved afgangning. Desuden er der intensiveret gammel smag allerede dag 2, hvilket sandsynligvis skyldes den putride lugt. Dag 6 er gammel smag lav i forhold til 50/20 og 80/20. Selvom kødet opleves mere saftigt end 80/20, er der hverken forskel på lagringssvind eller stegesvind. Farven er ikke bloomet. Svind, gammel smag ≥ 80/20 Putrid ved åbning > 80/20
10 % O ₂ 20 % CO ₂	Farve > 13 dage ¹⁾ Rå lugt: 7-8 dage Lagringssvind < 1% Stegesvind: 26-28%	Farvestabilitet er forbedret med minimum 1-3 dage, mens holdbarheden er lig 80/20. I forhold til 80/20 forbedres kødsmag, og harskning reduceres. Desuden bliver strukturen mindre fast. Der er hverken snug down eller PMB. Rå lugt = 80/20 Farve, kødsmag > 80/20 Harsk, fasthed, PMB < 80/20	¹⁾ Overfladen misfarves kraftigt dag 2, fordi O ₂ -indholdet passerer det kritiske område på 0,5-1 %. Efterfølgende er der ilfrit, og derfor er farven ikke bloomet under display. Større stegesvind > 80/20 Lagringssvind = 80/20
40 % O ₂ 20 % CO ₂	Farve: 7-8 dage Rå lugt: 5-6 dage Lagringssvind < 1% Stegesvind: 24%	Pakning i 40 % O ₂ medfører mindre oxidation og derfor mindre harsk smag og PMB end ved pakning i 80/20. Harsk, PMB < 80/20	I forhold til 80/20 er farvestabilitet reduceret med 2-5 dage, og holdbarheden reduceret med 1-2 dage. Lagringssvind og stegesvind er, mens gammel smag er intensiveret i forhold til 0/20, 10/20 og 80/20. Gammel smag > 80/20 Lagringssvind, stegesvind = 80/20 Farve, rå lugt < 80/20
50 % O ₂ 20 % CO ₂	Farve: 9-12 dage Rå lugt: 7 dage Lagringssvind < 1% Stegesvind: 24%	Farvestabiliteten er lig med 80/20. Farve = 80/20	Holdbarheden er reduceret med ca. 1 dag, men har samme lagringssvind og stegesvind som 80/20. Efter tilberedning har krebinetterne tillige mere gammel smag end ved pakning i 0/20, 10/20 og 80/20. Derudover har krebinetter mindre kødsmag og PMB end 0-10% O ₂ samt er mindre saftige og mere harske end ved pakning i 0/20. Gammel smag > 80/20 Lagrings- og stegesvind, PMB = 80/20 Rå lugt, kødsmag, saftighed < 80/20
80 % O ₂ 20 % CO ₂	Farve: 9-12 dage Rå lugt: 7-8 dage Lagringssvind < 1% Stegesvind: 24%	Farvestabilitet er 9-12 dage, mens holdbarheden er 7-8 dage. Desuden er gammel smag mindre end ved pakning i 40/20 og 50/20.	Det høje iltniveau øger oxidation, og derfor er der mere gammel smag og PMB i forhold til 0-10 % O ₂ . Harsk smag er intensiveret i forhold til 10/20 og 40/20, mens strukturen er mere fast end ved pakning i 0/20.

Guidelines	Oxygen	Kuldioxid	Temperatur
Hakket bov	0 -10 %	20 - 40 %	2-5 °C
Lugt: 7-8 dage Farve > 13 dage	Den længste holdbarhed og farvestabilitet opnås ved pakning af hakket svinekød i 0 % O ₂ + 20 % CO ₂ eller 10 % O ₂ + 20 % CO ₂ . Desværre medfører pakning i 10 % O ₂ + 20 % CO ₂ en kraftig misfarvning dag 2 og pakning i 0 % O ₂ + 20 % CO ₂ medfører putrid lugt ved åbning. En kombination af 40 % O ₂ + 30 - 40 % CO ₂ bør testes for optimering af holdbarhed og med minimal harskning.		

Optimeret MA-pakning af flæsk i skiver			
Gas	Fakta	Fordele	Ulemper
0 % O ₂ 20 % CO ₂	Farve > 9 dage Rå lugt: 5-6 dage Lagringssvind < 1% Stegesvind: 56-60%	Farvestabiliteten er lig 80/20, mens holdbarheden er øget med ca. 1 dag. Stegesvind < 80/20 Farve = 80/20 Rå lugt, kødsmag > 80/20	Der er putrid lugt ved åbning af pakken, der dog aftager ved afgasning. Desuden er bitter smag intensiveret i forhold til 50/20 og 50/40, og syrlig smag er mere intens dag 9 end pakning i 50/40. Farven er ikke bloomet. Lagringssvind = 80/20 Putrid >80/20
40 % O ₂ 20 % CO ₂	Farve > 9 dage Rå lugt: 3-4 dage Lagringssvind <1% Stegesvind: 54-62%	Farvestabiliteten er > 9 dage og svarende til 80/20. Derudover er der mindre grisesmag end ved pakning i 80/20 samt mere sprød svær og kød end ved pakning i 0/20 eller 80/20 Grisesmag < 80/20 Farve = 80/20 Sprødhed > 80/20	Holdbarhed er reduceret med 1-2 dage. Rå lugt < 80/20 Lagringssvind = 80/20
50 % O ₂ 20 % CO ₂	Farve > 9 dage Rå lugt: 5-6 dage Lagringssvind <1% Stegesvind: 58-64%	Farvestabilitet er lig 80/20, mens holdbarheden er øget med ca. 1 dag. Bitter smag reduceres i forhold til 0/20 Gammel smag, gris < 80/20 Farve = 80/20 Rå lugt > 80/20	Ved at sænke O ₂ ændres hverken på stegesvind eller lagringssvind. Stegesvind, lagringssvind = 80/20
80 % O ₂ 20 % CO ₂	Farve > 9 dage Rå lugt: ca. 5 dage Lagringssvind <1% Stegesvind: 57-66%	Overraskende var der ingen effekt på harskning og WOF ved de alternative pakkegasser. Desuden er stegesvindet meget højt, hvilket giver mulighed for at øge CO ₂ uden de store konsekvenser. Harsk, WOF = øvrige gasser	Pakning i traditionel MAP medfører kort holdbarhed og højt stegesvind. Desuden er det den pakkegas der giver kødet mest gammel smag og grisesmag, og den laveste sprødhed af både kød og svær. Højt stegesvind > 0/20, 50/40 Sprødhed < 40/20, 50/20, 50/40
50 % O ₂ 40 % CO ₂	Farve > 9 dage Rå lugt: 5-6 dage Lagringssvind < 1% Stegesvind: 52-55%	Særligt for stegeflæsk er, at denne gas har en lang række fordele. Farvestabiliteten er lig 80/20, mens holdbarheden er øget med ca. 1 dag. Desuden er både svær og kød mere sprødt, mens grisesmag, gammel smag og sødlig smag er lavere end ved pakning i 80/20. Selvom CO ₂ øges, er lagringssvindet lig 80/20, mens stegesvindet mod forventning er lavere. Farve = 80/20 Rå lugt, sprødhed > 80/20 Stegesvind, gris <80/20 Gammel, sødlig < 80/20	

Guidelines	Oxygen	Kuldioxid	Temperatur
Flæsk i skiver	40 - 50 %	40 - 50 %	2-5 °C
Lugt: 5-6 dage Farve > 9 dage	Ved MA-pakning i 50 % O ₂ + 40 % CO ₂ opnås den længste holdbarhed, som dog stadig er relativt kort (< 7 dage). Denne pakkegas medfører mere sprødhed, mens gammel smag, grisesmag og sødlig smag reduceres i forhold til pakning i 80 % O ₂ + 20 % CO ₂ . Screening med UltraZap sugeserviet indikerer at holdbarheden kan øges med op til 4 dage, uden at øge lagringssvind eller stegesvind. Betydning på spisekvalitet kendes dog ikke.		

Referencer

- Baron, C. P., & Andersen, H. J. (2002). Myoglobin-induced lipid oxidation. A review. 3887-3897.
- Clausen, I. (2003). Forbrugerpakning af oksekød - modningstid og pakkemetode - effekt på sensorisk og mikrobiologisk kvalitet. DMRI rapport af 20. maj 2003. Projekt 01794, dokument 11633.1.
- Clausen, I., & Baltzer, M. (2004). Forbrugerpakning af oksekød - Pakkesystem 2 (modning og detail) effekt på sensorisk kvalitet og farve. DMRI rapport af 9. september 2004. Projekt 01794, dokument 20620.1.
- Clausen, I., Jakobsen, M., Ertbjerg, P., and Madsen, N. T. (2009). Modified atmosphere packaging affects lipid oxidation, myofibrillar fragmentation index and eating quality of beef. *Packaging Technology and Science* 22:85-96.
- Estévez, M. (2011). Protein carbonyls in meat systems: A review. *Meat Science* 89:259-279.
- Gill, C. O. (1996). Extending the storage life of raw chilled meat. *Meat Science* 43:S99-S109.
- Hviid, M. og Bejerholm, C. (2001). CO₂ emballering af detailpakket svinekød - sensorisk analyse. DMRI rapport af 28. september 2001. Projekt 18.404.
- Hviid, M., Bejerholm, C. & Christensen, H. (2007). Case Ready svinekød. Sammenligning af 9 forskellige gasblandinger. DMRI rapport af 25. oktober 2007. Projekt 03774, dokument 43833.1.
- Jakobsen, M., & Bertelsen, G. (2002). The use of CO₂ in packaging of fresh meats and its effect on chemical quality changes in the meat: A review. 143-168.
- Jongberg, S., Wen, J., Tørngren, M. A., Lund, M. N. (2013). High-oxygen atmosphere packaging induces thiol oxidation and protein disulfide cross-link formation in chicken breast (m. pectoralis) and thigh (m. peroneus longus) during chill storage (Submitted to *Meat Science*).
- Lagerstedt, Å., Lundstrøm, K., & Lindahl, G. (2011a). Influence of vacuum or high-oxygen modified atmosphere packaging on quality of beef *M. longissimus dorsi* steaks after different ageing times. *Meat Science* 87:101-106.
- Lagerstedt, Å., Ahnström, M. L., and Lundström, K. (2011b). Vacuum skin pack of beef - A consumer friendly alternative. *Meat Science* 88:391-396.
- Ledward, D. A. (1970). Metmyoglobin formation in beef stored in carbon dioxide enriched and oxygen depleted atmospheres. 33-37.
- Li, X., Lindahl, G., Zamaratskaia, G., and Lundstrøm, K. (2012). Influence of vacuum skin packaging on color stability of beef *longissimus lumborum* compared with vacuum and high-oxygen modified atmosphere packaging. *Meat Science* 92:604-609.
- Lund, M. N., Lametsch, R., Hviid, M. S., Jensen, O. N., and Skibsted, L. H. (2007). High-oxygen packaging atmosphere influences protein oxidation and tenderness of porcine *longissimus dorsi* during chill storage. *Meat Science* 77:295-303.
- Nissen, H., Sørheim, O., and Dainty, R. (1996). Effects of vacuum, modified atmospheres and storage temperature on the microbial flora of packaged beef. 183-191.
- Pearson, A. M., and Young, R. B. (1989). Sarcoplasmic Proteins. In *Muscle and meat biochemistry*. A. M. Pearson, and R. B. Young, editors. 296-334.
- Singh, P., Wani, A., and Saengerlaub S. (2011). Understanding critical factors for the quality and shelf-life of MAP fresh meat. A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 51:146-177.
- Sørheim, O., Kropf, D. H., Hunt, M. C., Karwoski, M. T. & Warren, K. E. (1996). Effects of modified gas atmosphere packaging on pork loin colour, display life and drip loss. *Meat Science* 43:203-212.
- Toerngren, M. A. (2003). Effect of packing method on colour and eating quality of beef loin steaks. 49th International Congress of Meat Science and Technology. Brazil, September. 495-496.