

# Optimering av utbyte och textur i saltat, processat griskött från grisar med och utan RN<sup>-</sup>-genen.

Gunilla Lindahl och Kerstin Lundström, Inst. för Livsmedelsvetenskap, SLU, Uppsala

## Bakgrund

Griskött från renrasig Hampshire eller Hampshirekorsningar, som Scan-H, med RN<sup>-</sup>-allelen har mycket hög ätkvalitet både som färskt kött (Lundström et al, 1998; Josell et al., 2003) och som processade produkter till exempel kassler och kokt skinka (Hullberg et al, 2005a). RN<sup>-</sup>-allelen har också positiv effekt på djurens tillväxt och slaktkroppens köttinnehåll (Enfält et al., 1997a; Lundström et al., 1998; Lindahl et al., 2004; Enfält et al., 2006). I avelsarbetet i Sverige har man beslutat att behålla RN<sup>-</sup>-allelen i Hampshire-populationen på grund av de goda köttkvalitetsegenskaperna (personligt meddelande, Quality Genetics). Griskött från bärare av RN<sup>-</sup>-allelen har dock sämre vattenhållande förmåga och lägre proteinhalt jämfört med ickebärare, vilket leder till lägre processutbyte (Hullberg et al., 2004; Hullberg et al, 2005a) och sämre ekonomi vid tillverkning av oblandade köttprodukter.

Kött är ett mycket komplext heterogent livsmedel, dock med en mycket välorganiserad ultrastruktur. Skelettmuskulatur består av fiberbuntar med muskelfiberceller, som i sin tur består av myofibriller. Alla dessa delar i muskeln är omgivna av olika typer av bindväv. Varje myofibrill inkluderar huvudsakligen två typer av filament, myosin och aktin, och dessa utgör den kontraktila funktionen som muskeln använder vid arbete. Efter slakt går muskeln i rigor och blir stel på grund av att ett komplex mellan aktin och myosin (aktomyosin) bildas och detta förhindrar rörelser i muskelns längdriktning.

Köttets vattenhållande förmåga är en mycket viktig kvalitetsegenskap, både funktionellt och ekonomiskt. Stor vätskeförlust vid lagring av färskt kött eller vid processning påverkar både utbyte och sensoriska egenskaper som saftighet, textur och utseende negativt. Vattnet i kött är huvudsakligen fysikaliskt inneslutet i köttstrukturen, inte kemiskt bundet, och hålls kvar till följd av kapillärkrafter och ogenomträngliga barriärer såsom bindväv. Vattnet finns främst inuti myofibrillerna i utrymmet mellan aktin- och myosinfilamenten (Offer & Knight, 1988b). Myofibrillernas volym, som påverkas av pH och jonstyrka, bestämmer hur mycket vatten som kan inneslutas. Vid svällning av myofibrillerna kan köttet ta upp vatten, medan krympning gör att köttet förlorar vatten.

Griskött från RN<sup>-</sup>-bärare har högre glykogen- och vattenhalt och lägre proteinhalt jämfört med kött från ickebärare (Enfält et al., 1997a; Lindahl et al., 2004), men sämre vattenhållande förmåga med högre droppförluster och processvinn (Enfält et al., 1997a; Lundström et al., 1998; Lindahl et al., 2004). Glykogen har, liksom protein, förmåga att binda vatten (Olson & Saltin 1970), vilket i viss mån kan kompensera för den lägre proteinhalten i kött från RN<sup>-</sup>-bärare. Vid processning lösgörs troligen vattnet från glykogenet (Fernandez et al., 1991), vilket medför större vattenförlust.

Köttets vattenhållande förmåga ökar vid tillsats av salt (natriumklorid, NaCl). Förklaringen är att de negativa kloridjonerna i saltet binder till de positiva laddningarna på aktin- och myosinfilamenten och ökar den negativa nettoladdningen och därmed svällningen (Offer & Knight, 1988a). Den vattenhållande förmågan i kött med normalt pH förbättras med stigande saltkoncentration och effekten är maximal vid 1 M NaCl (ca 5,8 %). Salt ökar också proteinernas löslighet. Vid salthalter över fysiologisk jonstyrka (0,2 M = 0,9 %) blir en del av de myofibrillära proteinerna lösliga så att de kan extraheras (Offer & Knight, 1988a). Nyare studier med elektronmikroskopi har konfirmerat myofibrillernas svällningseffekt vid ökad saltkoncentration (Graiver et al., 2006).

I processade saltade köttprodukter, som kokt skinka eller kassler, beror den vattenhållande förmågan på två olika mekanismer. Dels hålls vattnet kvar av kapillärkrafter i den myofibrillära strukturen och dels genom gelbildning med lösligt myosin under upphettningen (Offer & Knight, 1988a). Vid värmebehandling av kött förändras muskelstrukturen på grund av att proteinerna denatureras (Tornberg, 2005). Kapillärkrafterna minskar då och det vatten som inte hålls kvar genom ökad gelbildning blir processsvinn.

Tillsats av fosfat förbättrar köttets vattenhållande förmåga genom flera olika mekanismer. (1) Fosfat höjer köttets pH och därmed proteinernas negativa laddning, vilket leder till svällning av myofibrillerna. (2) Fosfat har en upplösande förmåga på aktomyosinkomplexet så att aktin- och myosinfilamenten kan separera, vilket möjliggör ökad svällning. (3) Fosfat ökar myosinets löslighet (Offer & Knight, 1988a). (4) Tillsats av fosfat ökar också jonstyrkan, vilket medför ökad svällning (Feiner, 2006). NaCl och fosfat har stor synergistisk effekt på den vattenhållande förmågan genom att NaCl bidrar till svällning och fosfat bidrar till proteinernas löslighet (Feiner, 2006). Fosfatets förmåga att lösa upp aktomyosinkomplexet och öka myosinets löslighet är visserligen positiva egenskaper för den vattenhållande förmågan, men kan också påverka köttets textur negativt. Hög fosfattillsats vid tillverkning av exempelvis kokt skinka eller kassler gör att köttets muskelfibrer löses upp och köttprodukterna får en mycket slät textur och gummiartad konsistens.

Flera olika typer av fosfat, såsom mono-, di- och trifosfater samt polyfosfat, är tillåtna som tillsats i köttprodukter i Sverige med maximalt 5 g/kg räknat som  $P_2O_5$  (LIVSFS 2007). Oftast används en blandning av olika fosfater med egenskaper som kompletterar varandra (Feiner, 2006).

Salt som tillsats i köttprodukter har stor betydelse även för smak och mikrobiologisk hållbarhet och säkerhet och är därför en nödvändig ingrediens i dessa. Alltför stort intag av natriumsalter kan ha negativa hälsoeffekter (WHO, 2003) och Livsmedelsverket rekommenderar i sina kostråd ett minskat intag av salt (SLV, 2010). I industrialiserade länder som Sverige har köttprodukter stor betydelse för salt- och natriumintaget och det är därför viktigt att sträva efter att minimera salthalten i köttprodukter utan att kompromissa med viktiga kvalitetsegenskaper.

**Målsättningen** med projektet var att studera samverkans effekter mellan salt och fosfat för att finna möjligheter till ökat processutbyte vid tillverkning av oblandade köttprodukter av kött från grisar som är bärare av  $RN^-$ -allelen. Förutom processutbytet studerades produktens textur och konsistens samt möjligheten att, av näringsmässiga skäl, minimera innehållet av natrium från salt och fosfat.

## Material och Metoder

Projektet genomfördes i tre etapper. (1) Optimering av processutbyte och konsistens med olika salt- och fosfathalter i modellsystem. (2) Effekt av optimal salt- och fosfathalt på textur, konsistens och sensorisk kvalitet i modellsystem. (3) Implementering av resultaten genom tillverkning av kassler i pilotskala.

**Material:** Kotlettmuskel (LD, *M. Longissimus dorsi*) från Scan-H-grisar av två genotyper, bärare och ickebärare av  $RN^-$ -allelen ( $RN^-$  resp.  $rn^+$ ). Urvalet av kotletter av båda genotyperna baserades preliminärt på glukosanalys i kötsaften (Lundström & Enfält, 1997) och pH-mätning i köttet. Den slutliga genotypningen gjordes med DNA-teknik (Milan et al., 2000) som resulterade i 8  $RN^-$  och 4  $rn^+$  i etapp 1, 6  $RN^-$  och 2  $rn^+$  i etapp 2 och 6  $RN^-$  och 6  $rn^+$  i etapp 3.

**Modellsystem i etapp 1 och 2:** Renskuren kotlett maldes genom 10 mm hålskiva. Malt kött blandades med saltlake och blandningen fick stå 5 min innan den bearbetades i 2 min på låg hatighet i en degblandare (Kenwood Major). Den saltade köttmassan fylldes i 50 ml

centrifugrör av plast med 25 mm diameter (Nunc A/S, Roskilde, Danmark), cirka 50 g/rör. Rören centrifugerades i 3 min vid 2000 g för att undvika lufthål, värmebehandlades sedan i vattenbad vid 80°C till 75°C kärntemperatur (ca 15 min) och kylades därefter i isbad.

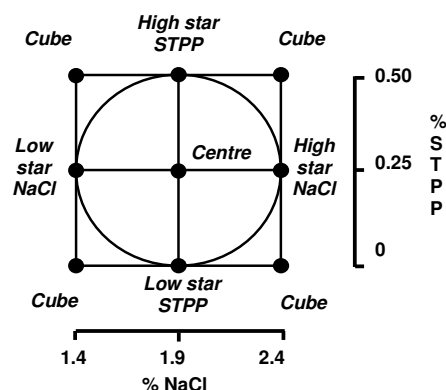
Saltlakarna tillverkades av nitratsalt ( $\text{NaCl}$  med 0.6%  $\text{NaNO}_2$ ) och natriumtripolyfosfat ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ , STPP). Koncentrationerna av salt och fosfat i lakarna beräknades enligt Feiner (2006) med 20 % injektion och 100 % utbyte.

**Tillverkning av kassler i etapp 3:** Kassler tillverkades i pilot plant vid Scan i Kristianstad. Båda kotletterna från 12 grisar användes, den ena utan och den andra med tillsats av fosfat. Kotletterna injicerades till 20 % saltlake och vakuumtumlades i 2 h vid 4°C och förvarades sedan vid 4°C. Alla kotletterna processades sedan samma dag: torkning i 20 min vid 80°C, rökning i 95 min vid 70°C och ångkokning vid 80°C till 69°C kärntemperatur (120 min). Den färdiga kasslern kylades över natten, frystes in och lagrades vid -18°C tills den sensoriska analysen genomfördes.

### Försöksdesign

#### Etapp 1 – Optimering i modellsystem

Effekten av  $\text{NaCl}$  och natriumtripolyfosfat (STPP) studerades med Central Composite Design (CCD) (Unscrambler 9.1, Camo ASA, Norway). Tre nivåer  $\text{NaCl}$  1,4 %, 1,9 % och 2,4 % och tre nivåer of STPP, 0 %, 0,25 % och 0,50 % ingick enligt designen i Fig.1. Fosfatnivåerna motsvarade 0,15 % resp. 0,30 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ .



**Figur 1.** Central composite design med variablerna salt ( $\text{NaCl}$ ) och natriumtripolyfosfat (STPP).

#### Etapp 2 – Effekt av optimal salt-och fosfathalt i modellsystem

Salthalten och fosfathalterna baserades på resultaten i etapp 1. Salthalten var konstant 1,9 % och tre nivåer fosfat testades, 0 %, 0,15 % och 0,30 % STPP (motsvarande 0,09 % respektive 0,18 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ ).

#### Etapp 3 – Tillverkning av kassler med optimal salt- och fosfathalt.

I etapp 3 testades effekten av 1,9 % salt utan och med 0,3 % fosfat (STPP motsvarande 0,18%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) på utbyte och sensorisk kvalitet i kassler.

### Mätningar och analyser

pH i köttet mättes med Knick Portamess 751 Calimatic pH-meter. Glukos i köttsaften analyserades med ett kit för diabeteskontroll med Ascensia® Microfill® teststickor (Bayer Consumer Care AG, Basel, Switzerland). Glykogen och glukos i köttet analyserades enligt Enfält & Hullberg (2005) med DiaSys Glucose Hexokinas FS kit (Diagnostic Systems GmbH, Holzheim, Germany). Torrsubstans bestämdes genom torkning av finfördelat köttprov vid

105°C i 16 h. Natriumkloridhalten bestämdes med potentiometrisk metod (ISO 1841-2:1996). Processutbytet bestämdes som  $100 \cdot (\text{vikt efter värmebehandling}) / (\text{vikt av saltat prov före värmebehandling})$ .

Konsistensen mättes som kompression med Instron 5564 Universal Testing Machine (Norwood, MA, USA). Proverna komprimerades till 60 % med hastigheten 100 mm/min med 25 kg load cell. Parametrarna Young's modulus (= elasticitet) i kPa, stress (kraft/yta = hårdhet) vid brytpunkten i kPa och Hencky strain (= relativ deformation) vid brytpunkten beräknades från kraft/displacement-kurvan.

Sensorisk profilering utfördes på IFV, Det Biovidenskabelige Fakultet, Köpenhamns Universitet med 8 (etapp 2) respektive 10 (etapp 3) tränade bedömare. I etapp 2 bedömdes 1,5 cm tjocka skivor av provcylindrarna och i etapp 3 bedömdes 8 mm tjocka kasslerskivor.

Mikroskopi: Ultrastrukturen studerades med high resolution confocal scanning microscopy vid LMC Centre of Advanced Food Imaging, Köpenhamns Universitet.

**Dataanalys:** Resultaten utvärderades med regressionsanalys (Response Surface Analysis) med Unscrambler 9.1 (Camo ASA, Norway) och med variansanalys med SAS 9.1 (SAS Institute, Cary, NC, USA).

## Resultat

### *Etapp 1 – Optimering i modellsystem*

Salt- och fosfathalt hade signifikant samspelseffekt på utbytet och det var också signifikant samspelseffekt mellan genotyp och fosfathalt. Utan fosfat var utbytet lika lågt i båda genotyperna vid den lägsta salthalten (1,4 %), men vid 1,9 % och 2,4 % salt var utbytet lägre i  $RN^-$  jämfört med  $rn^+$  (Fig. 2). Vid dessa salthalter ökade utbytet till samma nivå i båda genotyperna med tillsats av fosfat och det fanns ingen skillnad mellan fosfatnivåerna 0,25 % och 0,50 %. Det behövdes dock 0,50 % fosfat för att utjämna skillnaden i utbyte mellan genotyperna vid den lägsta salthalten 1,4 %.

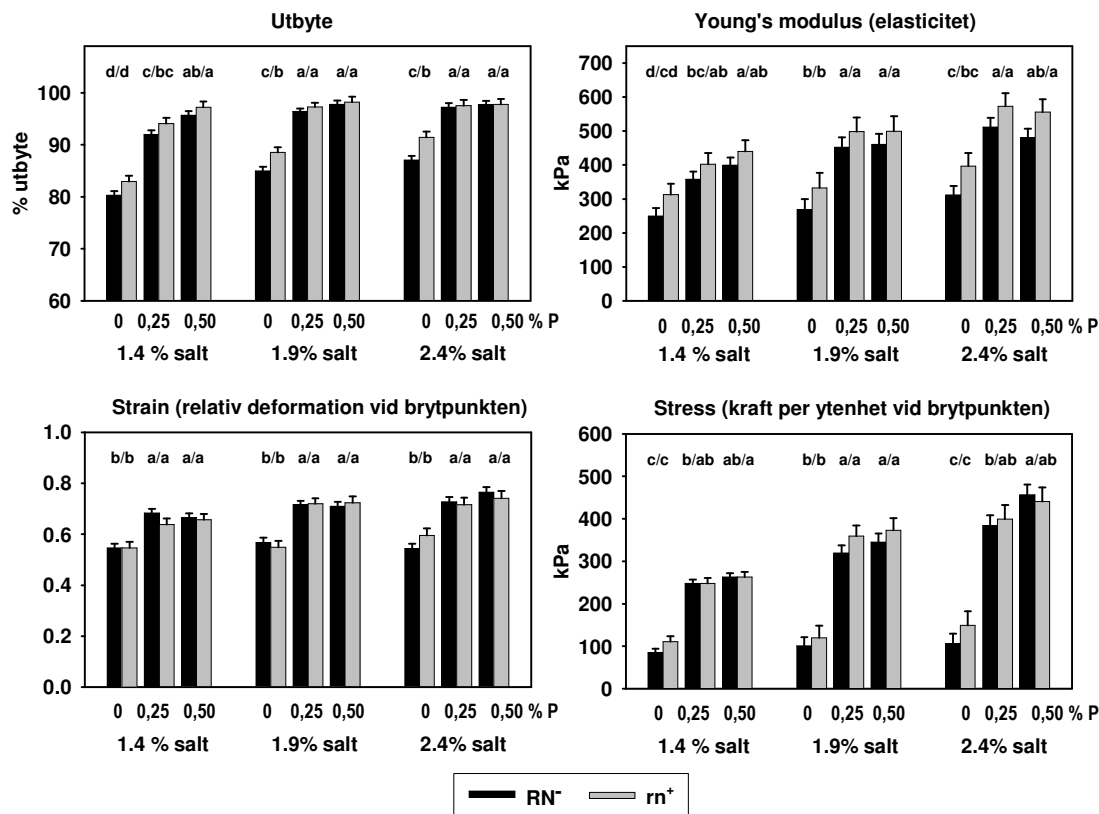
Konsistensmätningarna visade signifikant samspelseffekt mellan salt- och fosfathalt på alla tre parametrarna (Fig. 2), men ingen effekt av genotyp. Young's modulus (elasticiteten) och strain och stress vid brytpunkten ökade generellt i båda genotyperna vid tillsats av 0,25 % fosfat vid alla salthalterna. Högre fosfattillsats gav ingen ytterligare effekt utom i  $RN^-$  för Young's modulus vid den lägsta salthalten 1,4 % för stress vid den högsta salthalten 2,4 %.

Regressionsanalysen visade hur utbytet påverkades av samspellet mellan salt och fosfat (Fig. 3). Utbytet kunde predikteras med hjälp av ekvationerna från regressionsanalysen. Prediktionen visade att det som högst gick att få 97 % utbyte vid den lägsta salthalten 1,4 % och då med den högsta fosfathalten 0,50 %. Vid de högre salthalterna var det möjligt att få 98 % utbyte i båda genotyperna med som lägst 0,30-0,35 % fosfat.

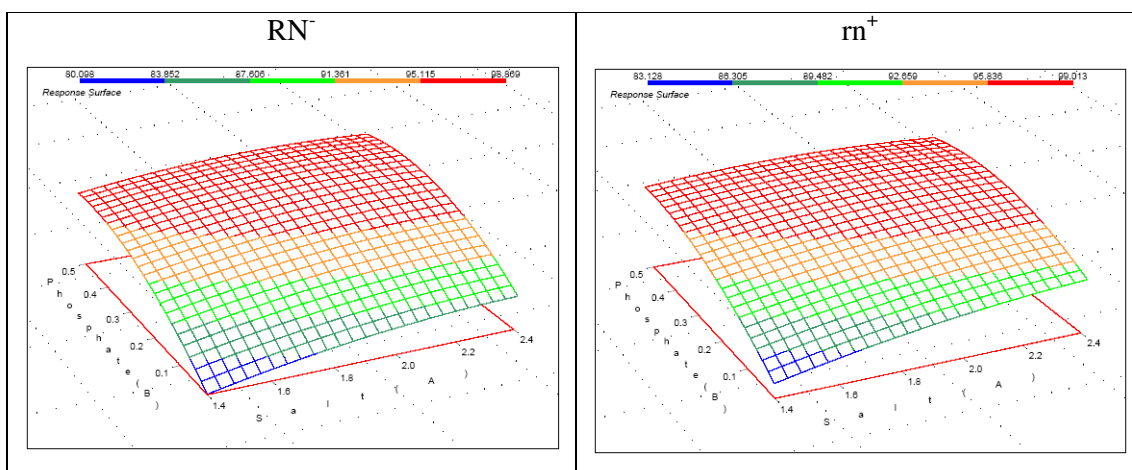
### *Etapp 2 – Effekt av optimal salt- och fosfathalt i modellsystem*

Etapp 2 utgick från resultaten i etapp 1 och den lägre salthalten (1,9 %) med 98 % maximalt utbyte valdes tillsammans med optimal fosfathalt 0,30 %. Dessutom testades en lägre fosfathalt 0,15 % och helt utan fosfat för att se vilken betydelse fosfathalten har för den sensoriska kvaliteten.

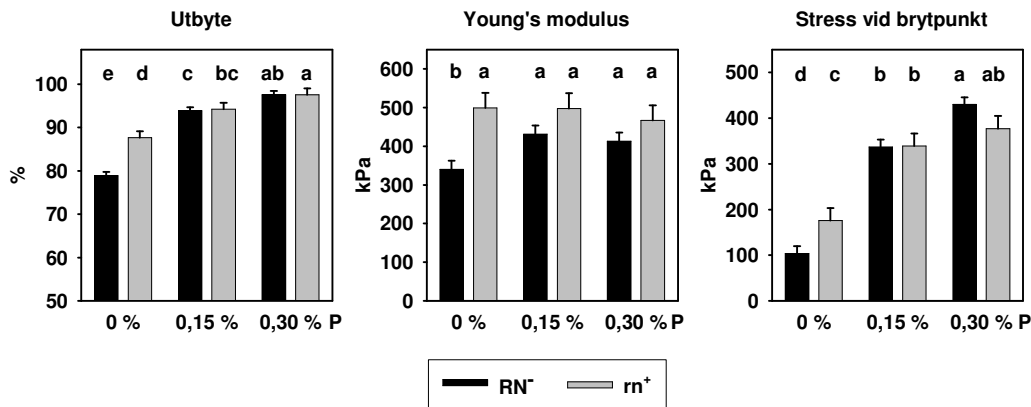
Utbytet blev signifikant lägre för  $RN^-$  jämfört med  $rn^+$  utan fosfat (Fig. 4). Det ökade till samma nivå för båda genotyperna med fosfattillsats och blev 94 % med 0,15 % och 98 % med 0,30 % fosfat. Både elasticitet (Young's modulus) och stress vid brytpunkten var utan fosfat signifikant lägre i  $RN^-$  jämfört med  $rn^+$  (Fig. 4), men ökade till samma nivå i båda genotyperna vid tillsats av fosfat.



**Figur 2.** Effekt av fosfathalt (P) på utbyte och konsistensparametrar vid tre olika saltnivåer. Olika bokstäver inom varje saltnivå indikerar signifikanta skillnader,  $P < 0,05$ .

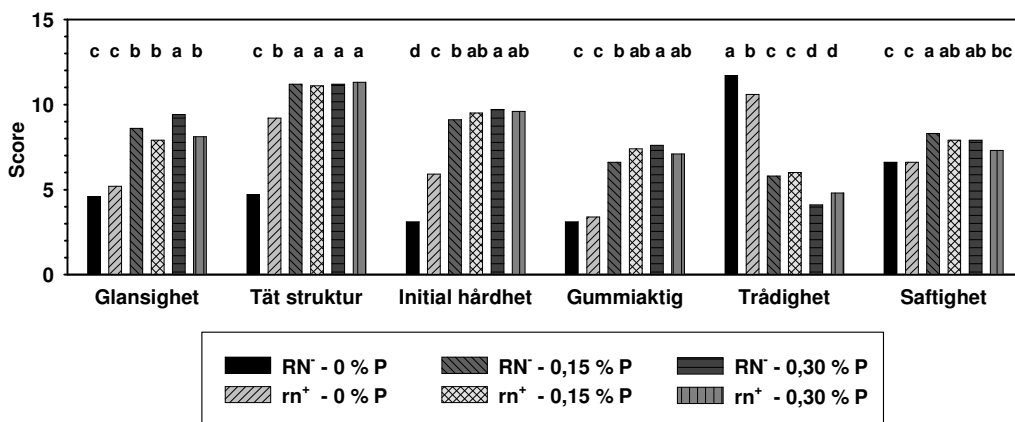


**Figur 3.** Resultat av regressionsanalys (Response Surface Analysis) för effekten av salt- och fosfat på utbytet vid tillverkning av modellprodukt med RN<sup>-</sup> respektive rn<sup>+</sup> kotlett. Observera att skalorna är något olika och börjar på 80 resp. 83 %.



**Figur 4.** Effekt av fosfathalt (P) vid 1,9 % salthalt på utbyte och konsistensparametrarna Young's modulus (elasticitet) och stress (kraft/yta) vid brytpunkt i modellprodukt av genotyperna RN<sup>-</sup> och rn<sup>+</sup> (Ettapp 2). Olika bokstäver indikerar signifikanta skillnader, P < 0,05.

Effekten av fosfattillsats testades sensoriskt med avseende på många utseende-, textur-, smak- och luktparametrar i modellprodukten av båda genotyperna. I 18 av 22 testade parametrar var det signifikant effekt av fosfat och i 11 signifikant samspelseffekt mellan genotyp och fosfat. Utan fosfat var det signifikanta skillnader mellan genotyperna i många av utseende- och texturparametrarna, men inte i de flesta smak- och luktparametrarna. Skillnaderna mellan genotyperna utjämnades med fosfattillsats, både med 0, 15 % och 0,30 % fosfat, i vissa fall till samma nivå och i andra fall till olika nivåer. Figur 5 visar exempel på några av utseende- och texturparametrarna. Utan fosfat hade rn<sup>+</sup> en mera tät struktur och var hårdare att bita av (initial hårdhet), men hade mindre trådigt fiberstruktur än RN<sup>-</sup>. Det fanns däremot ingen skillnad mellan genotyperna i glansighet på snittytan, gummiaktighet och saftighet. Glansigheten på snittytan ökade och strukturen såg tätare ut med fosfattillsats och effekten var större i RN<sup>-</sup> än i rn<sup>+</sup>. Den initiala hårdheten vid första tuggan, gummiaktigheten och saftigheten i produkten ökade med fosfattillsats och effekten på hårdhet och gummiaktighet var större med ökad fosfathalt i RN<sup>-</sup> men inte i rn<sup>+</sup>. Den trådiga fiberstrukturen minskade med fosfattillsats.



**Figur 5.** Effekt av fosfathalt (P) vid 1,9 % salthalt på utseende- (glansighet och tät struktur) och texturparametrar vid sensorisk analys av modellprodukt av genotyperna RN<sup>-</sup> och rn<sup>+</sup>. Skala 0-15). Olika bokstäver indikerar signifikanta skillnader inom varje parameter, P < 0,05.

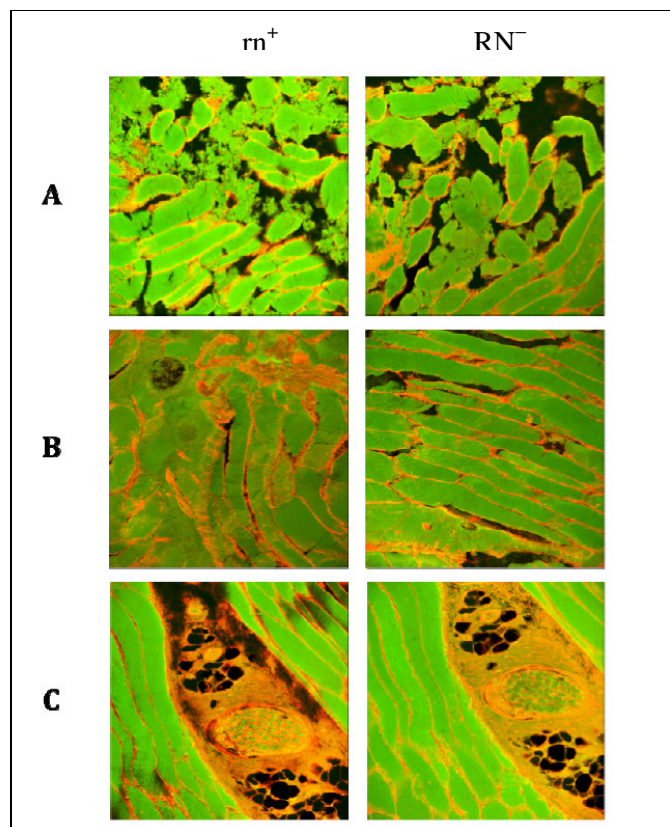
Mikroskopin visade att prover utan fosfat hade en öppen fiberstruktur med tecken på gelbildning mellan fibrerna (Fig. 6A). Tillsats av 0,15 % fosfat resulterade i tydlig svällning både i fibrer och bindväv (Fig. 6B). Vid en högsta fosfathalten (0,30 %) syntes framför allt en mycket kraftigare svällning av bindväven jämfört med vid den lägre fosfathalten (Fig. 6C). Det var ingen skillnad mellan genotyperna varken utan fosfat eller vid någon av fosfathalterna.

**Figur 6.** Effekt av fosfathalt vid 1,9 % salthalt på ultrastrukturen i modellprodukt av genotyperna  $rn^+$  och  $RN^-$ . Aktin visas med grön och bindväv med orange fluorescens.

A = utan fosfat

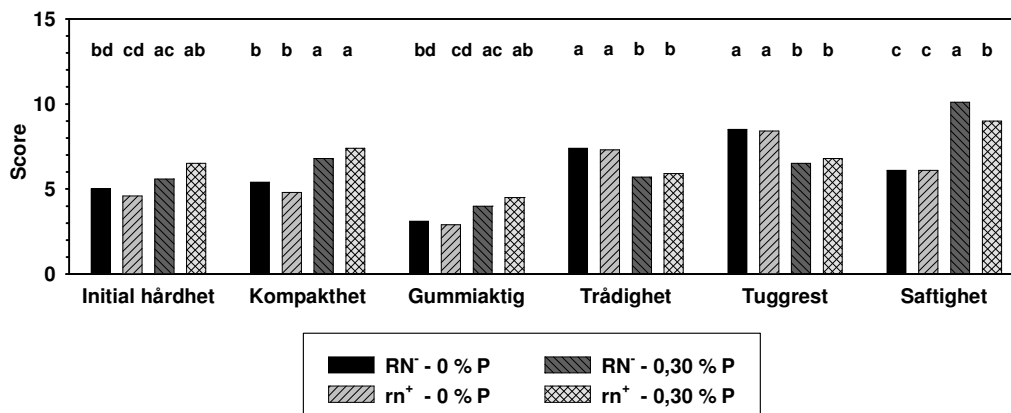
B = 0,15 % natriumtripolyfosfat

C = 0,30 % natriumtripolyfosfat



### *Etapp 3 – Kassler med optimal salt- och fosfathalt.*

Resultaten från etapp 2 i modellsystem visade att både utbyte, konsistens och sensorisk kvalitet kunde utjämnas mellan genotyperna med tillsats av fosfat. I etapp 3 testades om resultaten var giltiga även i kassler, som därför tillverkades av båda genotyperna utan och med 0,30 % fosfat och 1,9 % salthalt. Processutbytet blev signifikant lägre i  $RN^-$  (90,1 %) jämfört med  $rn^+$  (96,0 %) utan fosfat och ökade till 104,2 % i  $RN^-$  och 105,5 % i  $rn^+$  utan signifikant skillnad mellan dem.



**Figur 7.** Effekt av fosfat (P) vid 1,9 % salthalt på texturparametrar vid sensorisk analys av kassler av genotyperna  $RN^-$  och  $rn^+$ . Skala 0-15. Olika bokstäver indikerar signifikanta skillnader inom varje parameter,  $P < 0,05$ .

Effekten av fosfattillsats testades sensoriskt med avseende på många utseende-, textur-, smak- och luktparametrar. I 18 av 24 testade parametrar var det signifikant effekt av fosfat och i 10 signifikant samspelseffekt mellan genotyp och fosfat. Utan fosfat var det inga signifikanta skillnader mellan genotyperna i någon av texturparametrarna, men i vissa utseende-, smak- och luktparametrar. Fig. 7 visar exempel på hur några av texturparametrarna påverkades av fosfat. Den initiala hårdheten vid första tuggan, kompaktheten och gummiaktigheten ökade med fosfat till samma nivå och den trådiga fiberstrukturen och tuggresten minskade till samma nivå i båda genotyperna. Saftigheten ökade i båda genotyperna, men effekten var störst för RN<sup>-</sup>.

## Diskussion

Projektet inleddes med ett examensarbete (masterexamen) vid Institut for Fødevarevidenskab, Det Biovidenskablige Fakultet, Københavns Universitet (Bak, 2008). Avsikten var att utveckla ett modellsystem med skivor av kotlett som injicerades med saltlake för optimeringsstudien i etapp 1. Det visade sig dock svårt med reproducerbarheten dels vid injicering av kotlettskivorna och dels på grund av naturlig variation längs kotlettraden. Därför användes i stället ett modellsystem där hela kotletten, renskuren från fett, grovmaldes och blandades med saltlake som vid tillverkning av sammansatt skinka. Detta system visade sig vara mycket reproducerbart. Som avslutning på projektet tillverkades sedan kassler i pilotskala för att testa relevansen av resultaten från modellsystemet.

Salthalterna i optimeringsstudien i etapp 1 valdes låga (1,4-2,4 %) med tanke på rekommendationen att reducera saltintaget från köttprodukter. Enligt Ruusunen & Poulanne (2005) är 1,4 % NaCl tillräckligt för bra fasthet och vattenbindning och acceptabel salt smak i kokt emulsionskorv, men det behövs ca 0,3 % mer NaCl i en magrare köttprodukt. Resultaten från vårt projekt visade att 1,4 % salt inte var tillräckligt ens med den högsta fosfathalten för att få lika högt utbyte som med 1,9 och 2,4 % salt. Med dessa saltnivåer uppnåddes maximalt utbyte i båda genotyperna med 0,3 % natriumtripolyfosfat som motsvarar 0,18 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, dvs. 36 % av den maximalt tillåtna halten (LIVSFS, 2007).

Det lägre processutbytet för RN<sup>-</sup> jämfört med rn<sup>+</sup> i alla tre etapperna stämmer väl överens med resultaten från tidigare studier (Lundström et al., 1998; Gariépy et al., 1999; Hullberg et al., 2004; Hullberg et al., 2005a). Eber och Müller (1998) visade att det var möjligt att genom tillsats av 0,4 % fosfat öka processutbytet i kokt skinka med 2,5 % NaCl från 94 % och 99 % i RN<sup>-</sup> resp. rn<sup>+</sup> till samma nivå, 110-111 % i båda genotyperna.

Olika typer av fosfat används som stabiliseringsmedel i de flesta oblandade charkprodukter i Sverige idag. I många fall har tillsatsen av fosfat inte bara påverkat den teknologiska kvaliteten med ökat utbyte utan också den sensoriska kvaliteten. I vissa fall har produkten fått en mycket slät och lite glansig snittyta nästan utan fiberstruktur, fast gummiartad konsistens och mindre utpräglad köttsmak. Detta kan bero på att man använder hög fosfathalt och stor mängd saltlake i kombination med kraftig mekanisk bearbetning genom tumling. Det var därför viktigt i projektet att finna lägsta möjliga fosfathalt som gav samma nivå på processutbytet i båda genotyperna utan att negativt påverka den sensoriska kvaliteten. De flesta sensoriska egenskaperna påverkades av den för utbytet optimala halten natriumtripolyfosfat på 0,3 %. Vi fokuserade främst på texturen eftersom smak och lukt också påverkas av faktorer som kryddor, aromtillsatser och rökning. Generellt blev effekten av fosfat på texturparametrarna mer markant i modellprodukten än i kasslern, men tendenserna var desamma. Detta kan bero på att bindväv och muskelfibrer delvis var sönderdelade i modellprodukten med grovmalet kött. Salt och fosfat kunde då lättare diffundera in i muskelfibrerna jämfört med i en helmuskelprodukt. Vi försökte kompensera detta med längre



tid för mekanisk bearbetning (tumling) och lagring före värmebehandling vid tillverkning av kasslern. Fosfat gav en mer tät och kompakt textur och både modellprodukt och kassler var hårdare att bita av, mera gummiaktiga och hade mindre trådig fiberstruktur. Projektet visade framför allt att det med fosfattillsatsen inte blev några tydliga skillnader mellan genotyperna i textuuregenskaperna.

Mikroskopin visade kraftig svällning av bindväven vid tillsats av 0,3% fosfat i modellprodukten, vilket inte tidigare är beskrivet i litteraturen. Fosfatets effekt anses bero på dissociation av aktinmyosinkomplexet, ökning av myosinets löslighet, högre pH (Offer & Knight 1988a) och jonstyrka (Feiner, 2006). Svällningen av bindväven skulle kunna förklara den mera gummiaktiga konsistensen med fosfat.

I motsats till detta projekt fann Hullberg et al. (2005b) skillnader mellan genotyperna i texturparametrar i en studie på kassler utan fosfat. Kassler av  $RN^-$  var mörare, saftigare och hade mindre smulig, mer pastejliknande textur än  $rn^+$ .

**Slutsatser.** Vid tillverkning av kassler med kött från grisar av  $RN^-$ -genotypen hos Hampshirekorsning var det möjligt att öka processutbytet till samma nivå som med kött från  $rn^+$ -genotypen med tillsats av 0,3 % natriumtripolyfosfat (motsvarande 0,18 %  $P_2O_5$ ) vid salthalten 1,9 %. Fosfattillsatsen hade samma effekt på de sensoriska textuuregenskaperna i båda genotyperna. Mikroskopi visade en kraftig svällning av bindväven vid denna fosfathalt.

## Referenser

- Bak, K.H. (2008). Optimization of yield and texture in cured, processed pork from pigs with and without the  $RN^-$  allele – Method development. *Master's thesis*, Department of Food Science, LIFE, University of Copenhagen, 84p.
- Eber, M. & Müller, W.-D. (1998). Untersuchungen zur Eignung des Meat of Hampshire-Type zur Kochschinkenherstellung. *Fleischwirtschaft*, 78 (6), 652-656.
- Enfält, A.-C. & Hullberg, A. (2005). Glycogen, glucose and glucose-6-phosphate content in fresh and cooked meat and meat exudate from carriers and noncarriers of the  $RN^-$  allele. *Journal of Muscle Foods*, 16, 330-341.
- Enfält, A.-C., Lundström, K., Hansson, I., Johansen, S. & Nyström, P.-E. (1997a). Comparison of non-carriers and heterozygous carriers of the  $RN^-$  allele for carcass composition, muscle distribution and technological meat quality in Hampshire-sired pigs. *Livestock Production Science*, 47, 221-229.
- Enfält, A.-C.; von Seth, G; Josell, A; Lindahl, G; Hedebro-Velander, I; Braunschweig, M, Andersson, L; Lundstrom, K. (2006). Effects of a second mutant allele (V199I) at the PRKAG3 (RN) locus on carcass composition in pigs. *Livestock Science*, 99(2/3) 131-139.
- Feiner, G. (2006). Meat products handbook. Practical Science and technology. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, 648 p.
- Fernandez, X., Lefaucheur, L., Gueblez, R. & Monin, G. (1991). Paris ham processing: Technological yield as affected by residual glycogen content of muscle. *Meat Science*, 29, 121-128.
- Gariépy, C., Godbout, D., Fernandez, X., Talmant, A. & Houde, A. (1999). The effect of RN gene on yields and quality of extended cooked cured hams. *Meat Science*, 52, 57-64.
- Graiver, N., Pinotti, A., Califano, A. & Zaritzky, N. (2006). Diffusion of sodium chloride in pork tissue. *Meat Science* 77, 910-918.
- Hullberg, A., Johansson, L. & Lundström, K. (2005a). Sensory perception of cured pork loin from carriers and noncarriers of the  $RN^-$  allele and its relationship with technological meat quality. *Journal of Muscle Foods* 16, 54-76.
- Hullberg, A., Johansson, L. & Lundström, K. (2005b). Effect of tumbling and RN genotype on sensory perception of cured-smoked pork loin. *Meat Science* 69, 721-732.
- Hullberg, A. & Lundström, K. (2004). The effects of RN genotype and tumbling on processing yield in cured-smoked pork loins. *Meat Science* 67, 409-419.

- Josell, Å., Enfält, A.-C., von Seth, G., Lindahl, G., Hedebro-Velander, I., Andersson, L. & Lundström, K. (2003). The Influence of *RN* genotype, including the new V199I allele, on the eating quality of pork loin. *Meat Science*, 65, 1341-1351.
- Lindahl, G., Enfält, A.-C., von Seth, G., Josell, Å., Hedebro-Velander, I., Andersen, H. J., Braunschweig, M., Andersson, L. & Lundström, K. (2004). A second mutant allele (V199I) at the *PRKAG3* (*RN*) locus – I. Effect on technological meat quality of pork loin. *Meat Science* 66, 609-619.
- LIVSSFS (2007). Livsmedelsverkets föreskrifter om livsmedelstillsatser LIVSSFS 2007:15
- Lundström, K. & Enfält, A.-C. (1997). Rapid prediction of *RN* phenotype in pigs by means of meat juice. *Meat Science*, 45, 127-131.
- Lundström, K., Enfält, A.-C., Tornberg, E. and Agerhem, H. (1998). Sensory and technological meat quality in carriers and non-carriers of the *RN*<sup>-</sup> allele in Hampshire crosses and in purebred Yorkshire pigs. *Meat Science*, 48, 115-124.
- Milan, D., Jeon, J.-T., Looft, C., Amarger, V., Robic, A., Thelander, M., Rogel-Gaillard, C., Paul, S., Iannuccelli, N., Rask, L., Ronne, H., Lundström, K., Reinsch, R., Gellin, J., Kalm, E., Le Roy, P., Chardon, P., & Andersson, L. (2000). A mutation in *PRKAG3* associated with excess glycogen content in pig skeletal muscle. *Science*, 288, 1248-1251.
- Offer, G. & Knight, P. (1988a). The structural basis of water-holding in meat. Part 1. General principles and water uptake in meat processing. In R. Lawrie, *Developments in Meat Science-4*. Elsevier Science Publishers Ltd. London, pp 63-171.
- Offer, G. & Knight, P. (1988b). The structural basis of water-holding in meat. Part 2: Drip losses. In R. Lawrie, *Developments in Meat Science-4*. Elsevier Science Publishers Ltd. London, pp 173-243.
- Olsson, K. & Saltin, B. (1970). Variation in total body water with muscle glycogen changes in man. *Acta Physiologica Scandinavia* 80, 11-18.
- Ruusunen, M. & Puolanne, E. (2005). Reducing sodium intake from meat products. *Meat Science*, 70, 531-541
- SLV (2010). Livsmedelsverkets hemsida ([www.slv.se](http://www.slv.se)) >Mat & näring > Kostråd > Råd om salt.
- Tornberg, E. (2005). Effects of heat on meat proteins. Implications on structure and quality of meat products. *Meat Science* 70, 493-508.
- WHO (2003). Diet, nutrition and prevention of chronic diseases. Report of a joint WHO/FAO expert consultation. *WHO Technical report series 916*, Geneva.

## Publikationer

- Lindahl, G., Stolzenbach, S., Bak, K.H. & Lundström, K. (2009). Processed pork of two *RN*-genotypes – Effect of polyphosphate and salt on yield and instrumental texture in a model system. *Proc. 55<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology*, August 16-21, Copenhagen, Denmark.
- Lindahl, G., Stolzenbach, S., Bak, K.H. & Lundström, K. (2010). Optimisation of salt and phosphate content on yield and texture in a model system of cured pork loin from two *PRKAG3* genotypes. (Vetenskaplig publikation under arbete)
- Lindahl, G., Allesen-Holm, B.H., Brüggemann, D.A., Lundström, K. & Bredie, W. (2010). Texture and sensory quality of cured pork loin from two *PRKAG3* genotypes in a model system. (Vetenskaplig publikation under arbete).
- Lindahl, G., Allesen-Holm, B.H., Lundström, K. & Bredie, W. (2010). Sensory quality of smoked pork loin from two *PRKAG3* genotypes. (Vetenskaplig publikation under arbete).

## Övrig resultatförmedling till näringen

En populärvetenskaplig artikel kring resultaten i studien är planerad för publicering i någon branschtidning, till exempel Köttbranschen.