

InSPIRe Demonstrationsprojekt - Resultater

Lavenergi røntgen til detektion af brusk i kødprodukter

28. nov. 2014
2000857-13-11-01
MAHD/MADL

Sammendrag

Formål

Brusk forekommer naturligt men er ofte uønsket i kødprodukter og bliver i dag identificeret med multispektral vision. Dette betyder at kun overfladeforureninger findes, men brusk er hyppigt placeret mellem kødlag eller inde i et produkt, og der er derfor nødvendigt med røntgen, som kan se ind i kødet. Det kan dog være vanskeligt at skelne brusk fra kød med almindelig røntgenradiologi, men der er ved at komme udstyr med lavenergi røntgen på markedet, og disse forventes bedre at være i stand til at skelne brusk fra kød/fedt.

Metode

Udstyrenes evne til at finde fremmedlegemer afhænger af røntgenkildens energi og effekt, produktet/emnets tykkelse og detektorens følsomhed.

I dette forsøg undersøges 18 og 25 keV for lavenergi udstyret set ift. 45 keV for det konventionelle udstyr (en middel indstilling for et standard røntgenudstyr). Jo lavere energiniveau der benyttes, jo større forventes kontrasten mellem brusk og kød/fedt at være. Til test og sammenligning af udstyrene blev der, foruden brug af ren brusk, fremstillet et sæt kunstige fremmedlegemer (soft-bone fantomer) af polyester, i standardiserede størrelser og med fast densitet (180, 400 og 550 HU). Densiteterne er valgt så fantomerne simulerer knogle der indeholder mere eller mindre Kalcium.

Der blev målt på tre typer standard kødprodukter af typen ferske svine koteletter, fersk hakket bov (10-12% fedt) og forarbejdede pølser, foruden diverse andre kødprodukter.

Konklusion

Lavere røntgen-energi giver en højere kontrast mellem kødprodukter og fremmedlegemer.

Tykkelse af kødprodukt har ikke meget betydning ift. ændring i kontrasten når produktet er tilpas eksponeret, til gengæld har sammensætningen en del at sige. Jo lavere densitet produktet samlet har, f.eks. ved mere fedt, jo nemmere er det at finde brusk. Grovheden for et blandingsprodukt, såsom fars, påvirker også hvor god kontrasten er. En mindre homogen blandet fars kan give en højere støj, hvilket forringer målinger for lavenergi røntgen. Den samme støj fandtes ikke med konventionel røntgen. Lav-energi udstyr kan pt. ikke levere helt høj nok effekt til at eksponere tykkere kødprodukter til at kunne se igennem optimalt. 18 og 25 keV havde begge problemer med optimalt eksponering af ikke-hakket kød over 30 mm og 18 keV havde allerede problemer ved 20 mm ikke-hakket kød. Dette kan dog tænkes at blive forbedret i fremtiden. Størrelse af fremmedlegemerne blev vist at have betydning for hvor høj en kontrast man kan få, jo tykkere fremmedlegeme, jo nemmere er det at se. Den specifikke placering af fremmedlegemet på produktets overflader var fundet til ikke at have større betydning.

Ved placering af brusk på overfladen af et stykke kød kan det godt detekteres. Ved at placer brusk inde i kød, kan det ikke længere ses. Når brusk ligger oven på kød måles tykkelsesforskellen, mens der kan ikke måles en forskel på brusk eller kød i produktet. Det blev yderligere vist at arten af dyr, og hvor på dyret brusken er fra, kan ændre lidt på densiteten, men generelt ligger brusk densitetsmæssigt meget tæt på kød og det vil derfor være vanskeligt at detektere med røntgen uanset valg af energi.

Baggrund: Brusk



- Naturligt forekommende i visse kødprodukter, men uønsket.
- Vanskeligt at skelne brusk fra kød med almindelig røntgenradiologi.
- Lavenergi røntgen udstyr forventes bedre at være i stand til at skelne brusk fra kød/fedt.



Billede: <http://www.skovlygrisen.dk/UserFiles/Ribbensteg%20af%20kogestykke.jpg>

Baggrund: Udstyr



I denne undersøgelse benyttede vi:

- **Lavenergi røntgenudstyr:** HYMCIS fra InnospeXion, ApS.
18 og 25 kV spænding, svarende til energierne 18 og 25 keV for røntgenstrålingen.
- **Konventionelt røntgenudstyr:** KD7203AW fra Anritsu Industrial Solutions Co., LTD.
45 kV spænding svarende til energien 45 keV for røntgenstrålingen.



Baggrund: Røntgen



Udstyrenes evne til at finde brusk afhænger af:

- Røntgenkildens energi
- Røntgenkildens effekt
- Produktet og emnets tykkelse
- Detektorens følsomhed

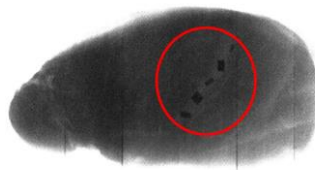
Kan måle produkter med varierende tykkelse, dog er et jævnt produkt optimalt.

- I dette forsøg undersøges 18 og 25 keV set ift. 45 keV.
- Jo lavere energiniveau der benyttes, jo større forventes kontrasten mellem brusk og kød/fedt at være.
- Dog sænkes gennemtrængeligheden ved lavere energi og dermed begrænses tykkelsen af produkterne.
- Kan umiddelbart modvirkes ved at bruge en højere effekt (højere strøm tilført til røntgenkilden), men dette har også sine begrænsninger.

Baggrund: Konventionelle metoder til at finde brusk



- Brusk bliver i dag identificeret med multispektral vision, hvilket betyder at kun overfladeforureninger findes.
- Brusk er dog hyppigt placeret mellem kødlag eller inde i et produkt, og derfor vil det være nødvendigt at kunne se ind i kødet.
- Konventionel røntgen har dog ikke klaret at kunne finde brusken, derfor undersøges nu lavenergi røntgen.



Formål med projektet: Lavenergi røntgen til detektion af brusk



Undersøgelse af:

- Betydning af bruskevariation
- Betydning af udstyr
- Betydning af produkt

Arbejdsplan: Sammenligningsgrundlag mellem forskellige røntgen-energi



- Kontrasten for dæmpningen mellem forskellige standard kødprodukter og soft-bone fantomer anvendes til at udtrykke forskellen mellem de forskellige indstillinger af de to røntgen udstyr.
- En højere kontrast vil betyde en større forskel og dermed at et givet fremmedlegeme, f.eks. brusk, vil være lettere at identificere.
- De to røntgen udstyr stilles op efter hinanden, så forsøgsbetingelserne for måling bliver så ens som muligt.
- Soft-bone fantomer (3 densitet niveauer) bliver placeret på standard kødprodukterne og måles med de 3 energiniveauer for de to røntgenudstyr.

Arbejdsplan: Soft-bone fantomer



- Soft-bone fantomer er fremstillet af polyester, i standardiserede størrelser og med fast densitet (180, 400 og 550 HU).
- Densiteterne er valgt så fantomerne simulerer knogle der indeholder mere eller mindre Kalcium.
- Fantomerne er samlet i sæt af samme densitet, men i forskellige dimensioner.
- Fantomerne er 8 mm i længde og de fem fantomer, samlet i hver pakke, er 1.5, 2, 2.5, 3 og 4 mm i diameter, henholdsvis.



Arbejdsplan: Standard kødprodukter til undersøgelserne



Fersk stykke kød: Koteletter fra en 1660 skæring, skåret i 10 mm tykkelse.

Fersk hakket stykke kød: Hakket bov (1313 (forventet 10% fedt) hakket med 5 mm skive, det hakkede kød fordelt i 400-500 grams enheder. Tykkelsen af det hakkede kød tilstræbes at være 30 mm.

Forarbejdet fars: Finthakket pøsefars (2 mm) fra TULIP, leveret i nylavet og optøet-efter-frost tilstande. Pølserne var med en diameter på 24.7 mm (nylavet tilstand).

Forarbejdet fars: Grovhakket pøsefars (8 mm) fra TULIP, leveret i nylavet og optøet-efter-frost tilstande. Pølser var med en diameter på 18 mm (nylavet tilstand).

Arbejdsplan: Brusk-emner



- Foruden Soft-bone fantomerne vil rigtig brusk også blive undersøgt.
- I samarbejde med kødproducenter blev der udvalgt nogle typiske brusk-emner fra de knogleelementer som giver anledning til brusk i kødprodukterne.

Kylling: Lårudbening, filetering og ønskeben (wishbone).

Svin: Tangent brusk, fjederben, hofteben, perleben og bovblad.

- Kontrasten mellem udvalgte kødprodukter og disse brusk-emner vil blive undersøgt, og resultaterne sammenlignet med resultaterne fra brug af soft-bone fantomerne.

Arbejdsplan: Yderligere kødprodukter til undersøgelse



- Ekstra målinger blev udført på forskellige kødprodukter med kendte fremmedlegemer i (brusk og/eller sener)
- Ligeledes blev der også udført ekstra målinger med soft-bone fantomer på "ikke-standard kødprodukter".

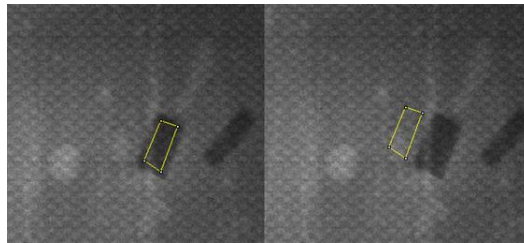
Kødprodukter:

- Fersk Svin: Hals-kød, bov kød, Nakkekam, Ribbensteg.
- Kødprodukt: Kylling-Nuggets.
- Kylling: Brystfilet.

Databehandling: Kontrast



- Vi undersøgte valg af energiniveaus effekt på måling af kontrasten mellem brusk og kødprodukt. Dette vil blive gjort gennem at beregning af den procentvise kontrast, %C, mellem soft-bone fantomer og kødprodukter ved de forskellige energier.
- Den procentvise kontrast beregnes ved:
$$\%C = \frac{|\mu_{FB} - \mu_M|}{\mu_M}$$

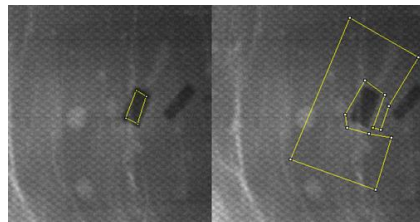


Databehandling: Kontrast til støj forhold



- Billederne taget med røntgenudstyrende kan være langt fra støjfrie. For at kigge nærmere på røntgen-udstyrenes egentlige evne til at finde fremmedlegemer, kiggede vi også på kontrast til støj forholdet (CNR) :
- $$CNR = \frac{|\mu_{FB} - \mu_M|}{\sqrt{W_{FB}\sigma_{FB}^2 + W_M\sigma_M^2}}$$
- hvor der benyttes vægtning:
$$W_n = \frac{\text{Number pixels of } n}{\text{Total number of pixels}}$$

- Generelt beregnes %C i denne rapport da opgaven er at teste potentialet for røntgenudstyr med en given energi.



Spørgsmål



Følgende spørgsmål var ønsket besvaret igennem dette demonstrationsprojektet:

- Betydning af bruskvariation: størrelse, art, anatomi, proces (temperaturændringer).
- Betydning af udstyr: energiniveau.
- Betydning af produkt: størrelse, sammensætning, placering af brusk-emnet, tilberedning.

Betydning af bruskvariation: Kylling-Nuggets



Kylling-Nuggets, et forarbejdet produkt, blev målt ift. små stykker ønskeben af varierende størrelse:

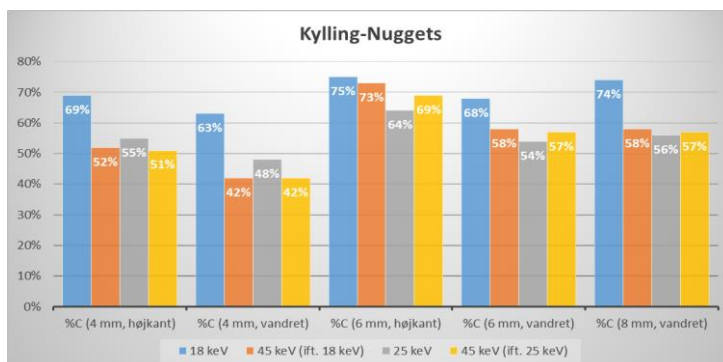
- Nuggets med et stykke ca. 4 mm ønskeben, placeret i midten af produktet på højkant.
- Nuggets med et stykke ca. 4 mm ønskeben, placeret i midten af produktet på vandret.
- Nuggets med et stykke ca. 6 mm ønskeben, placeret i midten af produktet på højkant.
- Nuggets med et stykke ca. 6 mm ønskeben, placeret i midten af produktet på vandret.
- Nuggets med et stykke ca. 8 mm ønskeben, placeret i midten af produktet på vandret.



Betydning af brusvariation: Kylling-Nuggets



Det ses at fra målingsresultaterne, at jo større stykke ben, jo nemmere at se, og ligeledes er der bedre kontrast for ben-stykkerne på højkant end vandret.



Konklusion: Betydning af brusvariation



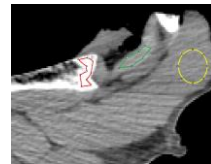
Det blev vist at størrelse af fremmedlegemerne har betydning for hvor høj en kontrast man kan få, jo tykkere fremmedlegeme, jo nemmere er det at se, specielt hvis den tykke led er i retning af lyskilde og detektor.

Betydning af bruskvariation: CT-Scanning



- Ud fra CT scanninger af kylling og svin, blev det fundet at densiteten af brusk ligger forholdsvis tæt på kød, hvilket også er grunden til at det er svært at se.
- Dette var også grundlaget for at benytte soft-bone fantomer, med lidt højere densitet end brusk, for at sikre at lavenergi røntgen kunne blive evalueret korrekt ift. alm. røntgen.

	brusk	køds	knogle
Målinger ved <u>Bovblad fra Svin</u>	~ 80 HU	~ 60 HU	> 300 HU
Målinger ved <u>Fjederben fra Svin</u>	~ 74 HU	~ 56 HU	> 250 HU
Målinger ved <u>Brystben fra kylling</u>	~ 73 HU	~ 66 HU	> 300 HU



Eksempel på pixel-arealer bugt ved fjederen fra svin, fjerde ribben.

Konklusion: Betydning af bruskvariation



Det blev vist at arten af dyr, og hvor på dyret brusken er fra, kan ændre lidt på densiteten, men generelt ligger brusk densitetsmæssigt meget tæt på kød, og disse små ændringer har derfor ingen større indvirkning.

Betydning af udstyr: Måling på kotelet



For fremmedlegemer placeret på 10 mm kotelet, 127 g:

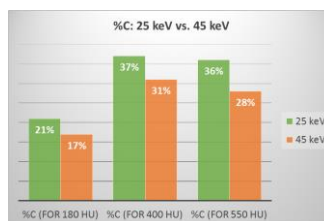
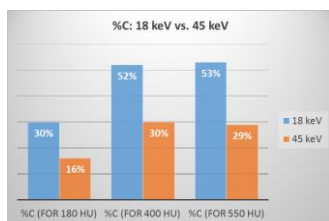
- 18 keV gennemsnitligt **79 %** bedre kontrast end 45 keV.
- 25 keV havde **25 %** bedre kontrast end 45 keV.



Kotelet med soft-bone fantomer.



Billede af Kotelet med soft-bone fantomer, taget med 45 keV.



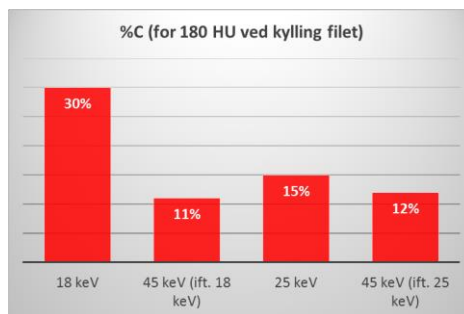
Betydning af udstyr: Måling på kylling brystfilet



Måling for kylling filet, 177 g og ca. tykkelse fra 8 til 26.7 mm.

Samme tendens for kontrasten som ved svinekoteletter.

- 18 keV har gennemsnitligt **"173 %"** bedre kontrast end 45 keV. Denne høje værdi skyldes nok fejl pga. brugt dynamisk område
- 25 keV har gennemsnitligt **25 %** bedre kontrast end 45 keV.
- Generelt er resultaterne, %C, lavere for kylling filet end hvad set for kotelet, hvilket skyldes den varierende tykkelse.



Konklusion: Betydning af udstyr



Generelt, gennem undersøgelsen af udstyrene, blev det konkluderet at for undersøgelse af biologiske emner har lavenergi røntgen en højere kontrast mellem fremmedlegemer og kød, end ved højere konventionel røntgen.

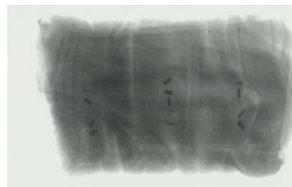
Betydning af udstyr: Ribbensteg



- Måling af soft-bone fantomer placeret på ca. 35 mm ribbensteg, 1335 g. og 1919 skæring.
- Undereksponeret ved 18 og 25 keV, og ikke optimalt eksponeret ved 45 keV.
- Problemet som opstår er på grund af mangel på strøm (gain), som kan tilføjes til kilden.
- Generelt har målingerne HYMCIS fra InnospeXion været lidt undereksponeret da der for røntgenkilden ikke er muligt at skrue op for strømmen uden at skade kilden.
- 18 keV mere problematisk end 25 keV.
- Dette kan give anledning til fejl ved den efterfølgende data behandling



Undereksponeret ribbensteg, 18 keV



Vel-eksponeret ribbensteg, 55 keV

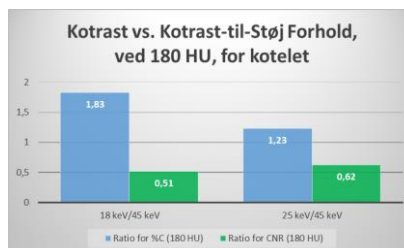
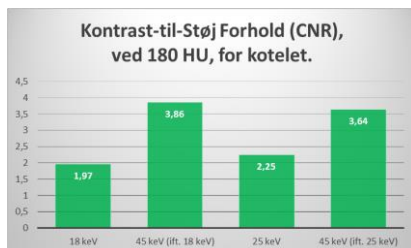
Betydning af udstyr: Støj ved måling af kotelet.



DANISH MEAT
RESEARCH INSTITUTE



- For at undersøge udstyrenes evne til at måle kontrasten, set i forhold til støj, blev kontrast-til-støj forholdet (CNR) undersøgt.
- I tilfælde af den 10 mm tykke kotelet fandt vi at selvom %C er bedre for lavenergi, er CNR, for de testede udstyr, bedre ved brug af alm. røntgenudstyr.



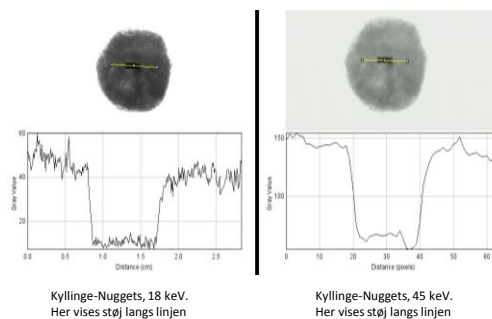
Betydning af udstyr: Kylling-Nuggets



DANISH MEAT
RESEARCH INSTITUTE



- Ved Nuggets blev der målt kontrasten mellem kød og knogle i stedet for brug af soft-bone fantomer.
- Generelt skal det siges at for knogleprodukter, ift. kødemner, er der relativ høj kontrast for alle energier, men som vist tidligere var lavenergi lidt højere end konventionel røntgen, men omvendt er der også lidt højere støj.



Konklusion: Betydning af udstyr



Det var vist at lavenergi røntgen, på nuværende tidspunkt, ikke kan levere helt høj nok strøm til at eksponere tykkere materiale nok til at udnytte det dynamiske område fuldt. Dette kan dog tænkes at blive forbedret i fremtiden.

Betydning af udstyr: Pølser, nylavede og optøede efter frost



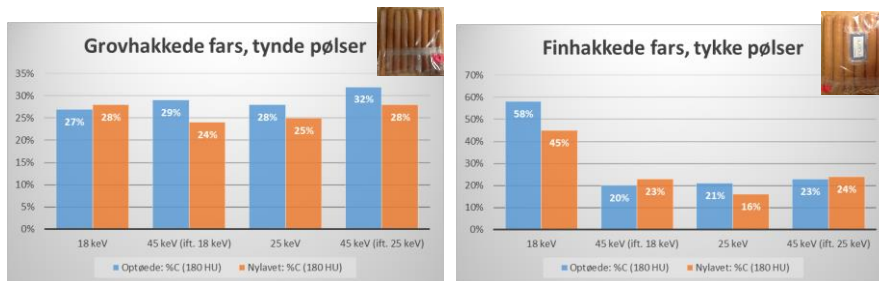
- 2 slags pølser med hver sin slags fars: Tynde pølser, grovhakket fars (8 mm hulskive) med en fedt procent på 29 ± 2 %, og tykke pølser, finhakket fars (2 mm hulskive) med en fedt procent på 20 ± 2 %.
- For begge disse forarbejdede produkter blev der målt på nylavede, og optøede efter frost, pølser.
- **Type 1. Nylavet tilstand:** Længde: 18 cm. Diameter ca. 18 mm. Vægt: 51,44 g
- **Type 1. Optøet tilstand:** Længde: 18 cm. Diameter ca. 16 mm. Vægt: 50,44 g.
- **Type 2. Nylavet tilstand:** Længde: 19,5 cm. Diameter ca. 24,7 mm. Vægt: 116,17 g.
- **Type 2. Optøet tilstand:** Længde: 19,5 cm. Diameter ca. 24,3 mm. Vægt: 115 g.



Betydning af udstyr: Pølser, nylavede og optøede efter frost



- Kontrast målinger for de to typer pølser:



- Det ses at ved pølser med grovhakkede fars er der generelt samme kontrast for alle energier røntgen.
- Ved den pølsen med finthakkede fars har 18 keV den højeste kontrast.

Konklusion: Betydning af udstyr



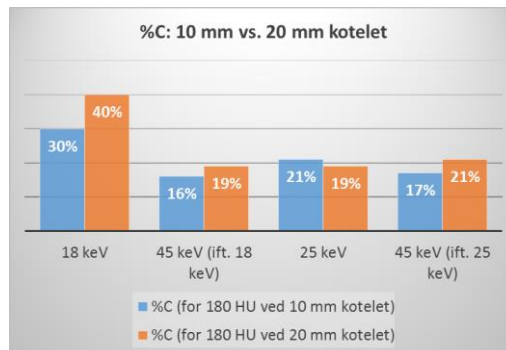
En tendens der blev observeret var, pga. den større følsomhed for biologisk materiale for lavenergi-røntgen, at store variation i kødet på en mindre homogen fars kan give en højere støj, hvilket forringere målinger. Den samme støj var ikke set for målinger med konventionel røntgen.

Betydning af produkt: Kotelet



Tykkelse af et produkt har mindre betydning ift. ændring i kontrasten.

- Måling på 10 mm vs 20 mm kotelet.
- Mindre fejl ved 18 keV, 20 mm kotelet, hvilket skyldes undereksponering.



Konklusion: Betydning af produkt



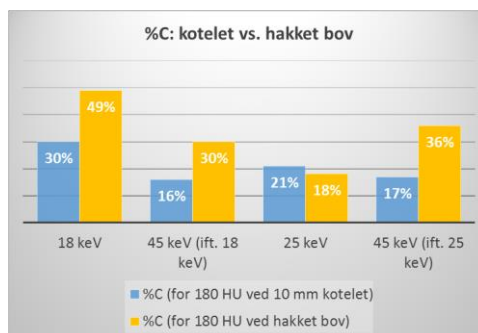
Det blev vist at tykkelse af et produkt ikke nødvendigvis har meget betydning ift. ændring i kontrasten, ift. tykkelse har eksponering mere at sige.

Betydning af produkt: Hakket bov



Sammensætningen af kød: Lavere densitet ved f.eks. mere fedt. Dog kun hvis homogent.

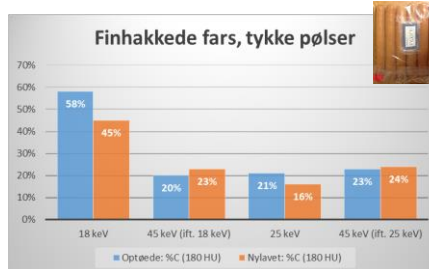
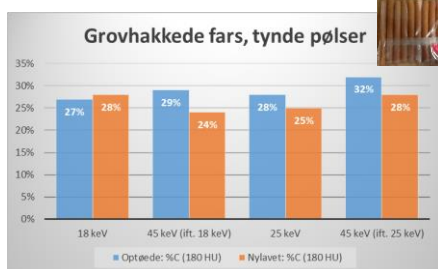
- Måling på 10 mm kotelet vs. ca. 31 mm tykt, friskhakket svinekød (bov) med 8-12 % fedt.



Betydning af produkt: Pølser, nylavede og optøede efter frost



- Kontrast målinger for de to typer pølser:



- Da der er mere fedt i pølsen med grovhakket fars, ses en lidt bedre generel kontrast for røntgen energierne end i pølsen med finhakket fars.

Konklusion: Betydning af produkt



Det blev vist at sammensætningen af et kødprodukt har en del om kontrasten at sige. Jo lavere densitet produktet samlet har, f.eks. ved mere fedt, jo nemmere er det at finde bruske.

Dog kan grovheden for et blandingsprodukt, såsom fars, påvirke hvor god kontrasten er for lavenergi. En grovhakket fars, har lavere kontrast for lavenergi røntgen, end en finhakket.

Betydning af produkt: Måling på kotelet



- For fremmedlegemer placeret på 10 mm kotelet, 127 g, blev der udført en statistisk varians analyse med programmet Statistical Analysis System (SAS) over de målte data.
- Analysen viste at hvor på en kød overflade soft-bone fantomet, eller fremmedlegemer generelt, er placeret ikke er signifikant for kontrasten.



Konklusion: Betydning af produkt

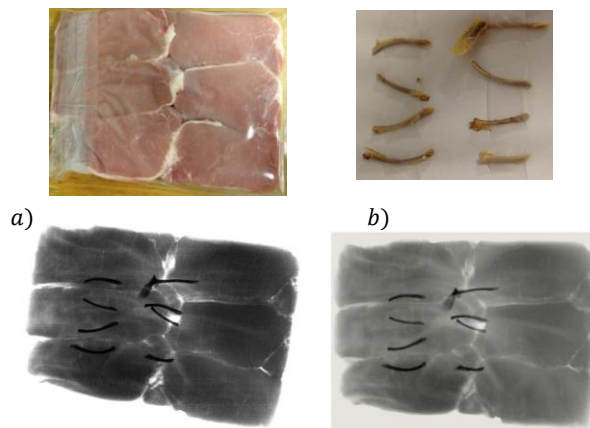


Den specifikke placering af fremmedlegemet på produktets overflader var fundet til ikke at have større betydning.

Betydning af produkt: Kyllingebrusk og knogler



- Placering af ønskeben placeret på overfalden af 16,5 mm kotelet.

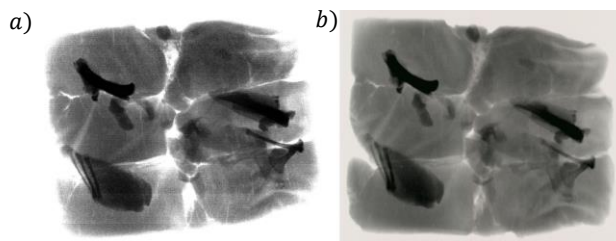


a) er taget med 18 keV og b) er taget med 45 keV.

Betydning af produkt: Kyllingebrusk og knogler



- Placering af filetering placeret på overfalden af 16,5 mm kotelet.

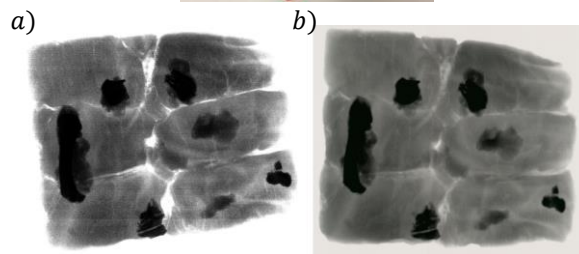


a) er taget med 18 keV og b) er taget med 45 keV.

Betydning af produkt: Kyllingebrusk og knogler



- Placering af lårbening placeret på overfalden af 16,5 mm kotelet.

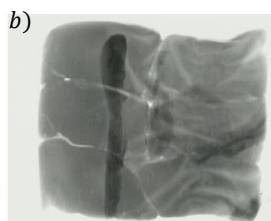
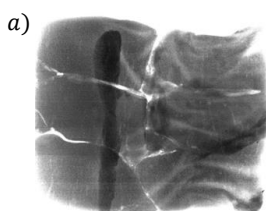


a) er taget med 18 keV og b) er taget med 45 keV.

Betydning af produkt: Svinebrusk og Knogler



- Placering af tangent brusk placeret på overfalden af 15,5 mm kotelet.

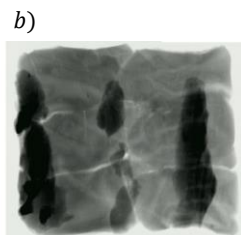
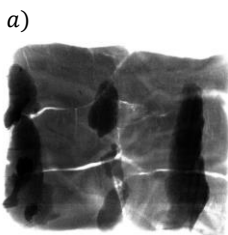


a) er taget med 18 keV og b) er taget med 45 keV.

Betydning af produkt: Svinebrusk og Knogler



- Placering af fjederben, hoften og perleben placeret på overfalden af 15,5 mm kotelet.



Fra venstre til højre, delt af streger:
Perleben, hoften og fjederben

a) er taget med 18 keV og b) er taget med 45 keV.

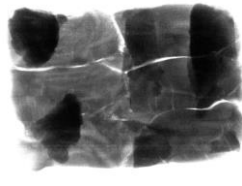
Betydning af produkt: Svinebrusk og Knogler



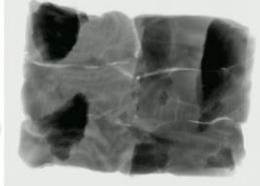
- Placering af bovblad placeret på overfalden af 15,5 mm kotelet.



a)



b)



a) er taget med 18 keV og b) er taget med 45 keV.

Konklusion: Betydning af produkt

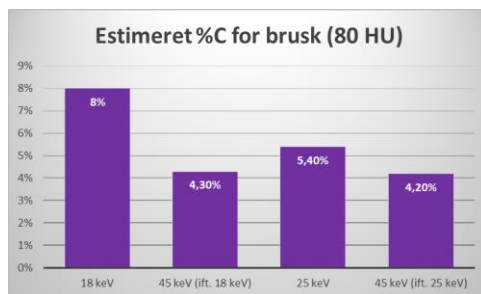


Det blev vist at ved placering af brusk på overfladen af et stykke kød kan fremmedlegemet ses.

Betydning af produkt: Måling på kotelet



- Det blev fundet gennem CT scanningerne at brusk ligger ved ca. 80 HU, og at kød generelt ligger ved ca. 60 HU. Ved at benytte denne information, sammen med dataene for soft-bone fantomerne placeret på den 127 g, 10 mm kotelet, blev der estimeret en kontrast for brusk, 80 HU, placeret på denne kotelet, set med de forskellige røntgen energier.

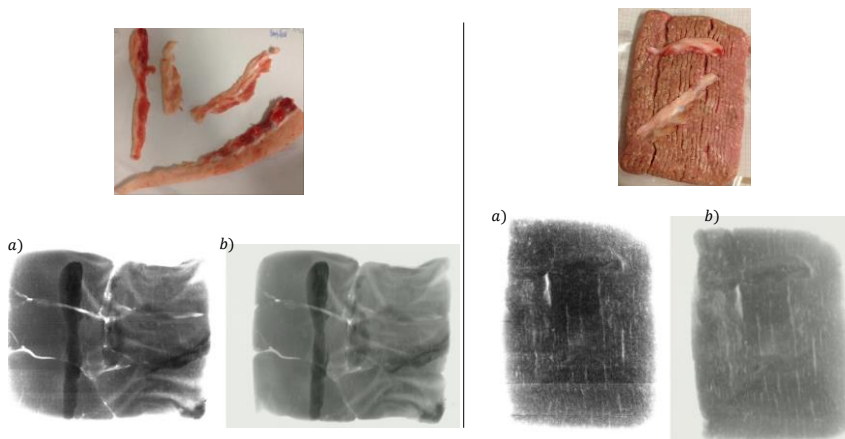


- De estimerede værdier, som allerede er et optimistiske gæt, er meget små, og kan derfor let forsvinde i den naturlige varians (støj) fra kødproduktet.

Betydning af produkt: Svinebrusk og Knogler



- Tangent brusk placeret oven på kød vs. placeret inden i hakket bov.

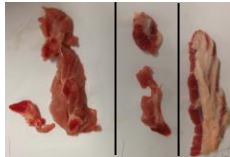


a) er taget med 18 keV og b) er taget med 45 keV.

Betydning af produkt: Svinebrusk og Knogler



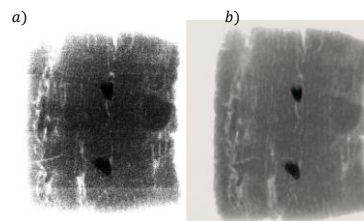
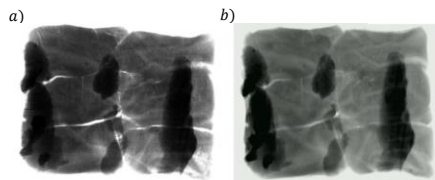
- Brusk fra fjederben, hofteben og perleben placeret oven på kød vs. placeret inden i hakket bov.



Fra venstre til højre, delt af streger:
Perleben, hofteben og fjederben



Fjederben, perleben og hofteben, fra
venstre til højre, placeret i hakket bov

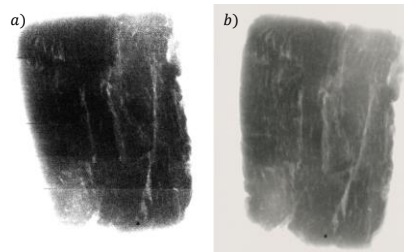
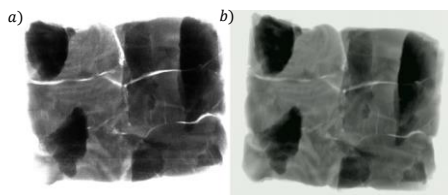


a) er taget med 18 keV og b) er taget med 45 keV

Betydning af produkt: Svinebrusk og Knogler



- Brusk fra bovblad placeret oven på kød vs. placeret inden i hakket bov.

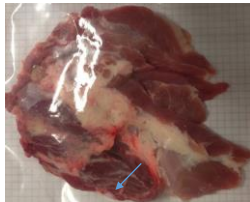


a) er taget med 18 keV og b) er taget med 45 keV.

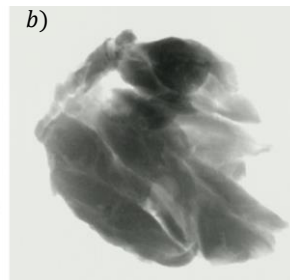
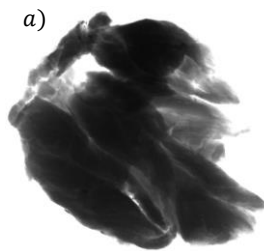
Betydning af produkt: Naturlig forekommet brusk i Hals-kød.



- Et stykke hals-kød, som, foruden kød, indeholder sener, en kirtel, og 2-3 små stykker brusk. Kødet har en højde fra ca. 5 til 10 mm og vægt på 173 g.



Hals-kød med brusk (se pil).



a) er taget med 18 keV og b) er taget med 45 keV.

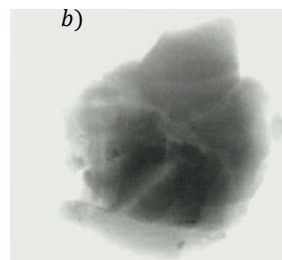
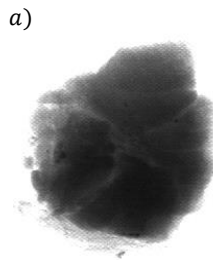
Betydning af produkt: Naturlig forekommet brusk i Bov-kød.



- Et stykke bov-kød, som indeholder, foruden kød, et stykke spidsben. Kødet har en højde fra ca. 6 til 18 mm og vægt på 70 g.



Bov-kød med spidsben (se pil).



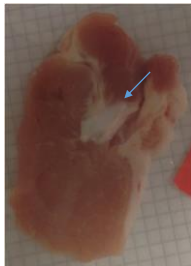
a) er taget med 18 keV og b) er taget med 45 keV.

Betydning af produkt: Naturlig forekommet brusk i Kam.



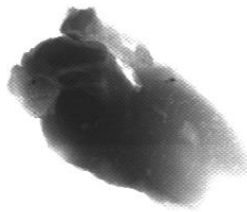
har en højde på

ca. 7 mm og vægt på 25 g.



Stykke af kam med brusk(se pil).

a)



b)

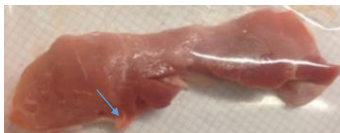


a) er taget med 18 keV og b) er taget med 45 keV.

Betydning af produkt: Naturlig forekommet brusk i Kam.



- Et andet stykke kam, som igegædes indeni, foruden kød, et stykke brusk. Kødet har en højde fra ca. 8 til 23 mm og vægt på 134 g.

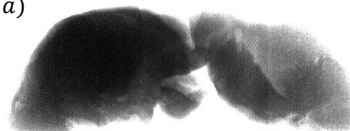


Stykke af kam med brusk(se pil).

b)



a)



a) er taget med 18 keV og b) er taget med 45 keV.

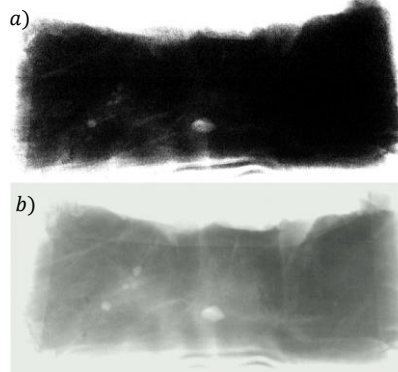
Betydning af produkt: Naturlig forekommet brusk i Ribbensteg.



- En ribbensteg af 1919 skæring, som ligeledes indeholder, foruden kød, et stykke brusk. Kødet har en højde fra ca. 30 til 35 mm og vægt på 173 g.
- Der var ved dette tilfælde problemer med at eksponere ribbenstegen, og der var derfor brugt 55 keV i stedet for 45 keV.



Hel ribbensteg med et lille stykke brusk (se pil).



a) er taget med 18 keV og b) er taget med 55 keV.

Konklusion: Betydning af produkt



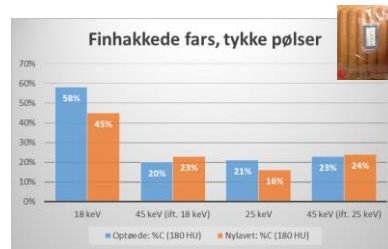
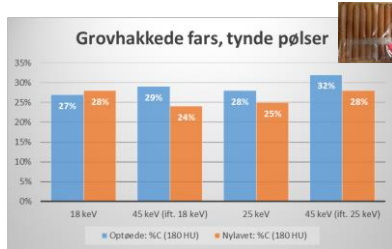
Ved at indsætte brusk i kød, kunne vi ikke længere se fremmedlegemet, og det blev derfor konkluderet, at det vi måler er tykkelsesforskellen for kødet når brusk ligger oven på kød, og at vi ligeledes på nuværende tidspunkt ikke kan se forskel på om der ligger brusk eller kød oven på kødproduktet. Det er derfor meget svært at se brusk i produkter hvor det naturligt er forekommet.

Til gengæld blev det vist at brusk som indeholder lidt knogle, f.eks. perleben, kan nemt findes.

Betydning af produkt: Pølser, nylavede og optøede efter frost



- Kontrast målinger for de to typer pølser:



- Generelt var der ingen umiddelbart sammenhæng mellem kontrast før og efter pølserne havde været nedfrosset.
- Men en betydelig forskel var set for 18 keV for den finhakkede fars. Dette skyldes at 18 keV reagerer meget på ændringer i biologisk materiale end de højere værdier.
- Det vi ses er effekten af at vandbindingerne i pølsen er sprunget, og pølsen er mere homogen.

Konklusion: Betydning af produkt



Det blev yderligere vist at proces af kødprodukter kan i nogen tilfælde ændre lidt på strukturen af produktet, og dermed ændre på hvor godt man kan se fremmedlegemer.

Generel Konklusion



- Den overordnede konklusion på projektet er at der er potentiale i at bruge lavenergi røntgen til at finde lavere densitets fremmedlegemer sammenlignet med hvad man kan med konventionel røntgen udstyr, dog for at udnytte dette potential, og specielt hvis man vil prøve at finde brusk, som densitetsmæssigt er meget tæt på kød, skal signal-til-støj forholdet forbedres.
- Til sidst skal det dog nævnes at igennem denne rapport har vi kun undersøgt potentialet af lavenergi røntgen udstyr til detektion af brusk på kødemner. Dette betyder at rapporten ikke siger noget om hvilke muligheder der ellers kan være for at forbedre kontrasten mellem brusk og kød, f.eks. gennem billedanalyse.