



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2018 30 stp

Fakultet for Kjemi, Bioteknologi og Matvitenskap

Hovedveileder: Elling Olav Rukke

Kvalitet på kalvebrissel – spektroskopisk, kjemisk og sensorisk karakterisering

Quality of veal thymus gland (sweetbread) –
spectroscopic, chemical and sensoric
characterization

Lise Gulliksen Schüller

Matvitenskap – Produksjon og utvikling av næringsmidler

Forord

Denne masteroppgaven på 30 studiepoeng ble skrevet innenfor Matvitenskap, retning Produksjon og utvikling av næringsmidler ved Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet (NMBU). Oppgaven var gjennomført i samarbeid med Nofima og Nortura. I løpet av de siste månedene har jeg fått kjenne på det å være mer selvstendig, og hvordan det er å kun jobbe med ett prosjekt. Dette har vært et svært lærerikt semester.

Jeg vil rette en stor takk til veilederne mine Elling Olav Rukke ved NMBU og Jens Petter Wold ved Nofima. Dere har veiledet meg gjennom prosessen og alltid kommet med gode og reflekterte råd. En stor takk til Rune Heggelund for at jeg fikk komme på slakteriet på Rudshøgda for å observere slakteprosessen, samt få med meg brisler til analysene. Det er en rekke personer ved Nofima jeg vil takke. Det er kokk Michael Hansen, for godt bidrag til hjelp med klassifisering av brislene. Laboratorieleder Karen W. Sanden for all hjelp til innføring og innstilling av instrumenter, samt svar på spørsmål jeg har hatt. En stor takk til Kristine S. Myhrer for gjennomførelsen av de sensoriske analysene. I tillegg vil jeg takke praktikant Frida Hovig for all hjelp til analysene mine og for morsomme dager. En stor takk til alle andre ansatte ved Nofima som har vist engasjement og interesse for arbeidet jeg har gjort i den perioden jeg har vært der.

Til slutt vil jeg takke venner og familie for støtte og nyttige diskusjoner om aktuelle temaer innenfor masteroppgaven.

Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet

Fakultet for Kjemi, Bioteknologi og Matvitenskap

Ås, mai 2018

Lise Gulliksen Schüller

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	i
Abstract	ii
Forkortelser	iii
1 Bakgrunn	1
1.1 Oppgavens forhistorie	1
1.2 Problemstilling	1
2 Teori	2
2.1 Kalvebrissel	2
2.2 Spektroskopiske målemetoder	4
2.2.1 Nærinfrarød spektroskopi (NIR)	6
2.2.2 Fluorescens-spektroskopi	8
2.2.3 Raman-spektroskopi	8
2.2.4 Kjernemagnetisk resonans (NMR)	9
2.3 Dataanalyse	10
2.3.1 Preprosessering av data	11
2.3.2 Kalibrering av datasett	11
2.4 Sensorikk	13
3 Materialer og metoder	15
3.1 Innledende forsøk	15
3.1.1 Klassifisering av brisler	15
3.1.2 VIS/NIR spektroskopi	15
3.1.3 Kjernemagnetisk resonans (NMR)	18
3.1.4 Raman-spektroskopi	19
3.1.5 Fluorescens-spektroskopi	20
3.1.6 Dataanalyse	21
3.1 Hovedforsøk	22
3.2.1 Klassifisering av brisler	23
3.2.2 VIS/NIR spektroskopi	23
3.2.3 Kjernemagnetisk resonans (NMR)	26
3.2.4 Dataanalyse	26
3.2.5 Sensorisk analyse	27
4 Resultater	30

4.1 Innledende forsøk.....	30
4.1.1 Klassifisering og NMR.....	30
4.1.2 NIR spektroskopi.....	31
4.1.3 Raman-spektroskopi.....	35
4.1.4 Fluorescens-spektroskopi.....	36
4.2 Hovedforsøk.....	38
4.2.1 Klassifisering og NMR.....	38
4.2.2 NIR spektroskopi/Dataanalyse.....	39
4.2.2 Sensorisk analyse.....	44
5 Diskusjon.....	46
5.1 Raman- og Fluorescens-spektroskopi.....	46
5.2 NIR spektroskopi, NMR og dataanalyse.....	46
5.3 Sensorisk analyse.....	49
5.4 Vurdering av praktisk anvendelse.....	50
6 Konklusjon.....	52
7 Forslag til videre arbeid.....	52
8 Referanser.....	53
9 Vedlegg.....	56
Vedlegg A.....	56
Vedlegg B.....	59
Vedlegg C.....	60
Vedlegg D.....	61
Vedlegg E.....	64
Vedlegg F.....	65
Vedlegg G.....	70

Sammendrag

Kalvebrissel er ansett som en delikatesse i mange land, men lite utnyttet i Norge. Det er gjort lite forskning på brisselen, og det er ikke funnet noe litteratur om kvalitet på kalvebrissel. Brisselen er en kjertel lokalisert mellom bogen og halsen på dyret. Fra gammelt av er det kjent at brisselen fra unge dyr er best når produktet skal anvendes som en delikatesse. Dette fordi brisselvevet med tiden skrumper inn og erstattes av fettvev.

Som metode for klassifisering ble det brukt en erfaren kokk som hadde god kjennskap til brissel. Han klassifiserte brislene i tre ulike kategorier som rangerte fra best til dårligst kvalitet. Det ble hovedsakelig vektlagt utseende og hvordan brislene følte å ta på. Hardere brisler var mindre ønsket til bruk enn mykere brisler. I tillegg ble det brukt spektroskopiske målemetoder for å undersøke om det kunne være en sammenheng mellom fettinnhold og kokkens klassifisering. Det ble forsøkt ulike spektroskopiske målemetoder; nær-infrarød (NIR), Raman og Fluorescens; for å se hvilken metode som egnet seg best. I tillegg ble det gjort fettmålinger med kjernemagnetisk resonans (NMR). Sensoriske analyser av brisler med varierende fettinnhold, ble utført for å undersøke om oppfattelse av produktet var forskjellig hos magre eller fete brisler.

Resultatene viste at det er mulig å skille mellom magre og fete brisler ved bruk av NIR spektroskopi og en måling på ett sekund. NIR spektroskopi med referanseverdier fra NMR ga lovende resultater og regresjonsmodeller som viste godt samsvar. Det var ikke mulig å skille mellom brissel og vev. Sensorisk analyse viste at magre og fete brisler oppfattes ulikt, hvor det er mest ettertraktet med magre brisler. Resultatene viser at håndholdt NIR spektroskopi kan egne seg i industrien som metode for raskt skille mellom brisler av høyere og lavere kvalitet. På denne måten kan det både spares tid på å ikke ta ut lite ettertraktede brisler, samt å selge de bedre brislene til en høyere pris.

Abstract

Veal thymus gland, sweetbread, is considered a delicacy in many countries, but is not much used in Norway. Little research has been done on the thymus gland, and there is nothing in the literature about the quality of the sweetbread. The thymus is a gland located between the brisket and the neck of the animal. From earlier days it is known that the thymus gland from young animals is most desired. This is because the sweetbread tissue will shrivel over time and be replaced by fatty tissues.

An experienced chef, who had good knowledge of sweetbread was used for quality classification. He rated the sweetbreads in three different categories, ranging from best to worst quality. Their look and how they feel to touch was the main factors. Firmer sweetbreads were less desired than softer ones. In addition, spectroscopic measurement methods were used to investigate if there could be a correlation between fat content and the chef's classification. Various spectroscopic measurement methods were utilized; near infrared (NIR), Raman and Fluorescence; to see which method that was best suited. Fat content was also measured using nuclear magnetic resonance (NMR). Sensory analysis of sweetbreads with varying fat content were performed to investigate whether the perception of the product was different in lean or high fat sweetbreads.

The results show that it is possible to distinguish between leaner and fattier sweetbreads by using NIR spectroscopy by as little as one measurement with one second duration. NIR spectroscopy with reference values from NMR gave promising results and the regressions models showed good correlations. It was not possible to distinguish between the sweetbread and tissues around the sweetbread. Sensory analysis show that leaner and fattier sweetbread was perceived differently, where leaner sweetbreads have the best quality. The results show that it may be possible to use a handheld NIR spectrometer in the industry to quickly distinguish between sweetbreads of higher and lower quality. In this way, it can both save time by not utilizing undesired sweetbreads, as well as sell the better-quality sweetbreads at a higher price.

Forkortelser

ANOVA	Analysis of Variance (Variasjonsanalyse)
CCD	Charged-coupled device (Elektronisk halvlederbrikke)
CM	Centimeter
EMS	Elektromagnetisk spekter
EMSC	Extended MSC (Utvidet MSC)
IR	Infrarød
MSC	Multiplicative scatter correction (Multiplikativ spredningskorrigering)
NIR	Nær-infrarød
NMR	Nuclear Magnetic Resonance (Kjernemagnetisk resonans)
PCA	Principal Component Analysis (Prinsipal komponent analyse)
PLSR	Partial Least Squares Regression (Delvis minstekvadrats regresjon)
R^2	Korrelasjonskoeffisient
RMSE	Root Mean Square Error (Prediksjonsfeil)
SNV	Standard Normal Variate (Standard normal varisjonskorrigering)
VIS	Visible (Synlig)

1 Bakgrunn

1.1 Oppgavens forhistorie

Problemstillingen til oppgaven kom fra Nortura. De hadde et ønske om å se om det var mulig å benytte seg av spektroskopiske målemetoder som hjelpemiddel ved slakt av kalvebrissel. Det ønsket de fordi det er blitt svært vanlig å benytte seg av hurtige ikke-destruktive spektroskopiske målemetoder i matindustrien. Nortura ønsket i hovedsak å undersøke om det kunne skilles mellom selve brisselen og vevet rundt ved hjelp av spektroskopi. Dette fordi det kan være vrient å skjære ut brisselen. Det viste seg senere at brisselen er enkel å se og ikke et problem å skjære ut. Derimot, en annen vanskelighet med brisselen er å bestemme om den er av god kvalitet eller ikke. Av den grunn endret oppgaven seg til å fokusere på kvalitet, siden det ikke er dokumentert forskning på dette tidligere.

1.2 Problemstilling

Kalvebrissel er ansett som en delikatesse, men er lite utnyttet i Norge. Fettinnholdet i brisselen varierer mye. Mengde fett er en viktig parameter for kvalitet. Riktig kvalitet er viktig siden det er hovedfokus hos forbrukere. Det er av stor interesse å gjøre en karakterisering av brissel, samt lage en fettkalibreringsmodell for å kunne måle kvalitet på brissel ved hjelp av håndholdt nærinfrarød spektroskopi (NIR). Denne oppgaven omhandler karakterisering av kalvebrissel og undersøkelser av hvilke målemetoder som kan benyttes for å skille mellom magre og fete brisler. Oppgaven fokuserer i hovedsak på målemetodikk relatert til kvalitet på brissel. Følgende diskuteres:

1. Kjemisk og spektroskopisk karakterisering av kalvebrissel
 - Måling ved hjelp av ulike spektroskopiske metoder (Raman, Fluorescens og NIR med ekstra fokus på sistnevnte)
2. Etablere og validere en fettkalibreringsmodell for raskt og enkelt karakterisere kvalitet på brissel
 - Målinger med NIR og bruk av kjernemagnetisk resonans (NMR) som en referansemetode for målingene
 - Benytte dataanalyseprogram (hovedsakelig Unscrambler)
3. Sensorisk analyse – profilering av fet og mager brissel
 - Ved hjelp av sensorikkteamet ved Nofima
4. Vurdere praktisk anvendelse av håndholdt NIR instrument

2 Teori

2.1 Kalvebrissel

Kalvebrissel er innmat og et spiselig plussprodukt fra kalv. Plussprodukter er det som er igjen etter slakteprosessen. Altså alt utenom kjøttet (Heggelund, 2018). Forskriftsmessig regnes innmat som en kjøttråvare på lik linje som andre spiselige deler på dyret (Høyem, 1996). Brisselen er kjent som «sweetbread» eller «thymus gland» på engelsk, eller «ris de veau» på fransk. I land som Frankrike er brisselen en delikatesse, men den er lite utnyttet i Norge. Den «Ansees av kjendere som det fineste på hele kalven, og benyttes meget ved den finere matlavning» står det i det gamle Husholdningsboken for By og Land (Blom, 1890). Brisselen, Figur 1, er en kjertel som er lokalisert mellom bogen og halsen på kalven. Den består av to deler: «hjertet» som er rund og fin, og «halsen» som er langaktig og mindre fin. Brisselen skal være lys i fargen, frisk og fri for blodpletter (Erken, 1951; Førland et al., 1947).



Figur 1. Utrimmet kalvebrissel med aorta. Slik kan den se ut rett fra slakt (Foto: Lise Gulliksen Schüller).

Kjertelen er en viktig del av immunforsvaret frem til dette er fullt utviklet. Frem til kalven er fullt utvokst vil brisselen bidra med T-celler ved sykdom eller stress (Holck, 2018). Når dyret blir eldre, eller ved påkjenning av sykdom eller stress, vil brisselen bli mindre og brisselvevet erstattes med fettvev. Dette vil føre til at brisselen får en mindre ettertraktet kvalitet. Av den årsak benyttes brisselen kun fra kalv. Fra gammelt av skal gjøkalvbrissel være det beste og

mest ettertraktede (Ambjørnrud, 1951). Gjøkalv er en veldig ung kalv på 8-10 uker som er foret opp for slakt (Vangen, 2009).

Det er gjort lite forskning på kalvebrissel og det finnes lite informasjon om brisselen på internett. Ved å ta en titt i gamle slakte- og kokebøker fra 1800- og 1900-tallet, er det tydelig å se at det var større allmenn kjennskap om denne matvaren før i tiden. Mangelen på kunnskap om «plussprodukter» gjør at det er svært få som har kjennskap til kalvebrissel i disse dager. Spesielt av den yngre garde. I følge Nortura skal ikke alder på kalv overskride 10 måneder, mens det mellom 10 og 24 måneder anses som en ung okse (Sommernes, 2011). Dette er tall de forholder seg til når det blir bestemt om brisselen fra dyret skal benyttes eller ikke. Selv om de har en enkel regel å forholde seg til, vil ikke denne alderen nødvendigvis gi noe informasjon om brisselen er av ønsket kvalitet. Tabell 1 viser sammensetningen av fett, protein og karbohydrat i kalvebrissel. Proteinkvaliteten skal være gunstig for mennesket, med god aminosyresammensetning (SELFNutritionData, 2018).

Tabell 1. Næringsinnhold per 100 gram rå kalvebrissel (SELFNutritionData, 2018).

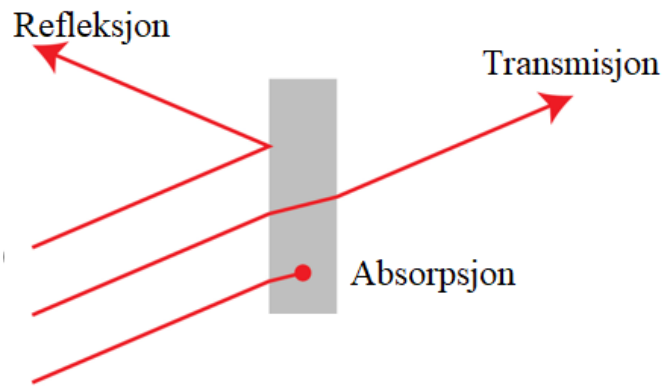
Næringsstoff	Mengde
Kalorier	236 kcal
Fett	20.4 g
	Hvorav:
	7 g mettet
	▪ C16:0 – 3750 mg
	▪ C18:0 – 2630 mg
	▪ C14:0 – 160 mg
	7 g enumettet
	▪ C18:1 (ω-9) – 5830 mg
	▪ C16:1 – 1220 mg
	3.8 g flerumettet
	▪ C18:2 (ω-6) – 2220 mg
	▪ C18:3 (ω-3) – 140 mg
Protein	12.2 g
Karbohydrat	0 g
Vann	67.8 g

Fettsyresammensetningen i brisselen består av de samme fettsyrene som er vanlig å finne i melkefett og fett på drøvtyggere (NorskProtein, 2013). Spesielt er stearinsyre (C18:0), palmitinsyre (C16:0) og oljesyre (C18:1) svært vanlig i animalsk fett. Palmitinsyre er en mettet, hvit og krystallinsk forbindelse med et smeltepunkt på 63 °C (Uggerud, 2018). Stearinsyre er mettet og danner fettglinsende krystallskjell. Smeltepunktet til stearinsyre er 69 °C (Uggerud, 2009). Med andre ord er disse fettsyrene faste ved dyrets kroppstemperatur. Oljesyre som det er mest av i brisselen har smeltepunkt ved 14 °C. Denne syren er umettet og kan hydrogeneres til stearinsyre ved herding. Ved herding vil oljesyre få et økt smeltepunkt (Uggerud, 2011).

Uttak av kalvebrissel ved slakt er forholdsvis enkelt og brisselen er enkel å legge merke til. Vanskeligheter ved slakt kan være at brisselen kan bli snittet når dyret skal utblødes. Dette kan gjøre at brisselen blir mindre i størrelsen, eller at den ødelegges helt. Det er også en mulighet for at brislene blir blodige. Blodet kan komme av at brisselen er veldig nær hovedblodåren som snittes ved utblødning. Store mengder blod på brislene kan påvirke kvaliteten negativt. Allikevel sitter blodet som regel kun i den ytterste hinnen (Heggelund, 2018). For å fjerne dette blodet er det vanlig å la brisselen trekke i vann før den tilberedes.

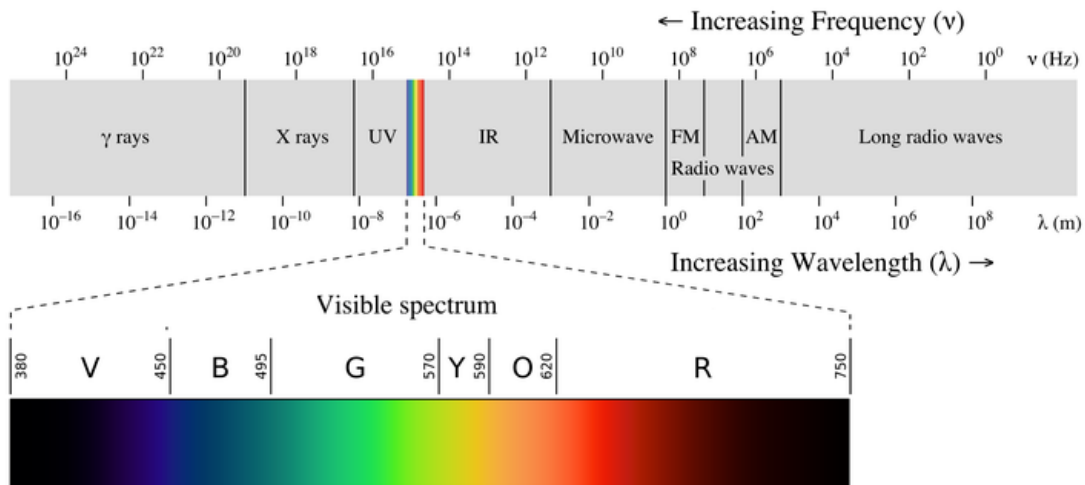
2.2 Spektroskopiske målemetoder

Tidlig på 1800-tallet ble de første usynlige strålingene oppdaget. Disse ble oppdaget av Fredrick William Herschel, en Tyskfødt britisk astronom (Chelladurai & Jayas, 2014). Spektroskopi er studiet av interaksjonen mellom elektromagnetisk stråling og en materie. Disse interaksjonene måles i energioverganger for atomkjerner, elektroner, atomære rotasjoner og atomære vibrasjoner (Ramanujam, 2000). Når lyset treffer en materie blir det vanligvis reflektert, absorbert eller transmittert. Transmittert lys går gjennom materien. Reflekterte lyset treffer overflaten og reflekteres uten å gå inn i materien, se Figur 2. Absorbert lys danner energi som er absorbert av materien. Når et molekyl absorberer lys vil energien til molekylet øke (Sankaran & Ehsani, 2014).



Figur 2. Illustrasjon av reflektert, absorbert og transmittert lys (Lise Gulliksen Schüller).

Spektroskopi baserer seg på atomenes evne til å absorbere og reflektere strålingen den utsettes for. Det finnes ulike typer spektroskopiske målemetoder. Målemetoden avhenger av hvilken elektromagnetisk stråling som blir benyttet. Figur 1 illustrerer det elektromagnetiske spekteret. I det elektromagnetiske spekteret øker energien ettersom bølgelengdene minker. På biologisk vev er det vanlig å bruke spektroskopiske metoder med bølgelengder som i nær-infrarød (780-2500 nm), Raman (750-1000 nm) eller Fluorescens (180-800 nm) (Sankaran & Ehsani, 2014).



Figur 3. Elektromagnetisk spekter (Electromagnetic radiation, 2018).

Spektroskopiske målemetoder er raske, ikke destruktive og kostnadseffektive. I tillegg trenger de ikke nødvendigvis prøvepreparering, noe som kan være svært egnet i matproduksjon, spesielt ved on-line målinger. On-line målinger gjøres på/i prosesslinja og direkte på produktet. Slike målinger gir øyeblikkelige svar som kan brukes for å vurdere sammensetningen av en materie der og da. I matproduksjon kan dette bidra til en bedre og mer kostnadseffektiv

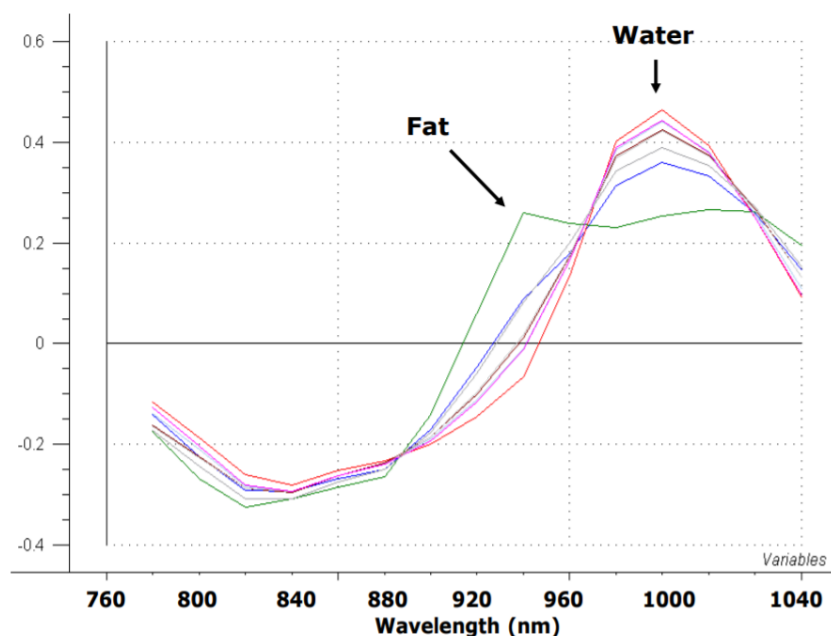
produksjon ved å ha en kontinuerlig kvalitetskontroll og prosessovervåking (Porep et al., 2015). Det er ikke blitt funnet tidligere forskning vedrørende spektroskopiske målinger på kalvebrissel. Da blod kan forekomme ved slakt er det viktig å ta hensyn til dette ved bruk av spektroskopiske målemetoder.

2.2.1 Nærinfrarød spektroskopi (NIR)

Nær-infrarød spektroskopi er en type vibrasjonsspektroskopi som kan gi informasjon som struktur, sammensetning og fysisk tilstand til molekylene. Som nevnt dekker NIR bølgelengder fra 780 nm til 2500 nm. Ved disse bølgelengdene vil absorpsjonsbåndene korrespondere hovedsakelig til overtoner og kombinasjoner av fundamentale vibrasjoner i molekylene. Vibrasjonene kan beskrives med modellen for anharmonisk oscillering. Med anharmonisitet menes hovedsakelig bindinger med hydrogenbindinger. Det er disse som vil gi de sterkeste båndene på et NIR spekter. Det var først på 1970-tallet at NIR spektroskopi ble benyttet til å analysere matprodukter (Blanco & Villaroya, 2002).

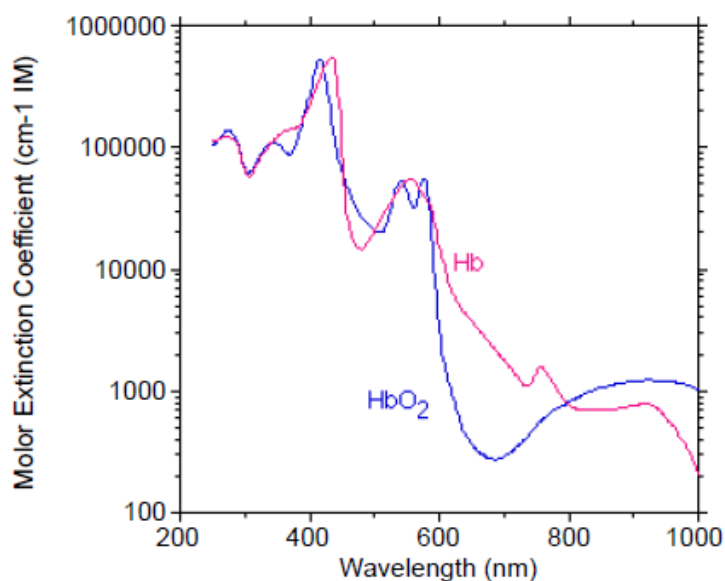
I tillegg til allerede nevnte fordeler med spektroskopiske målemetoder, har NIR spektroskopi en fordel ved at det er mulig å måle et par centimeter inn i prøven. Det gjør det spesielt egnet for målinger på heterogene prøver. En ulempe med NIR spektroskopi er at NIR båndene vanligvis er brede og kan overlape hverandre (Porep et al., 2015). Det er sjeldent nødvendig med prøvepreparering for NIR målinger, men noen ganger kan det for eksempel brukes en kvern for å male opp prøvene som skal måles. Dette vil påvirke spekteret til prøven som måles, ved at homogenisering fører til en mer representativ overflate (Williams et al., 2017).

NIR spektrene for ulike komponenter vil være forskjellige. For eksempel vil spektrene fra vann og fett være ulike. I Figur 4 er det illustrert et NIR spekter for kjøtt med mye eller lite vann og fett. Det er tydelig å se at innhold av fett og vann er respektive til hverandre. Et høyt innhold av fett vil tilsi et lavere innhold av vann og vice versa. Vann absorberer mye av den nærinfrarøde strålingen. I prøver med høyt vanninnhold vil spekteret av prøven være dominert av spekteret til vann (Porep et al., 2015).



Figur 4. Eksempel av et NIR spekter for magre og fete kjøttstykker. Tydelig fett-topp ved cirka 930 nm og vann-topp ved cirka 980-1000 nm. Magert kjøtt vil ha høyere vanntopp (QVision, 2008).

Det er også tidligere blitt gjort NIR-målinger på blod. Det er til og med mulig å måle blodgjennomstrømning dypt inne i et tykt vev med NIR spektroskopi (Ramanujam, 2000). Absorpsjonsspektre fra både oksygenfattig og oksygenrikt blod er illustrert i Figur 5. Blod absorberer mye lys innenfor NIR bølgelengdene. Av den grunn kan blodige prøver påvirke NIR spektrene (Chacko & Bansal, 2016).



Figur 5. NIR absorpsjonsspekter av hemoglobin. HbO₂ = oksygenrikt. Hb = oksygenfattig (Chacko & Bansal, 2016).

2.2.2 Fluorescens-spektroskopi

Fluorescens er emisjon (utsendelse) av fotoner (lys) fra molekyler. All lysstråling er bygget opp av fotoner. Fotonene er byggeklossene til all elektromagnetisk stråling (Hansen, 2018A). Emisjonen skjer umiddelbart etter molekylene har blitt eksitert (utsatt) for lysstråler med høyere energi. Effekten opphører med en gang strålingen tar slutt (Fossum, 2016). Fluorescens-spektroskopi benytter seg av molekylens evne til å absorbere lys, og dets evne til å avgi energi i form av lys. Ved fluorescens vil energinivået til molekylet være ved grunntilstand (S_0) hvor det har lavest energi. Når det blir eksponert for stråling innenfor molekylets absorpsjonsspektrum vil molekylet absorbere strålingen og få en økning i energien. Hvis energiøkningen er høy nok vil det føre til aktivering til eksitert tilstand (S_1, S_2, S_n, \dots). Da vil elektronet hoppe (eksitere) et skall opp fra grunntilstanden. I eksitert tilstand vil elektronet være ustabil, vibrere og prøve å komme til grunntilstanden. Når elektronet faller tilbake til grunntilstanden vil det avgi lys i form av et foton (Ramanujam, 2000).

Fluorescens-prosessen skjer i løpet av få nanosekunder. Med så raske målinger er det ideelt å bruke Fluorescens-spektroskopi til kontrollmålinger på næringsmidler (Bachmann et al., 2006). Fluorescens-spektrometre er svært sensitive og miljøendringer i prøven eller lyspåvirkning kan påvirke målingen mye. Sensitiviteten kan både være en fordel og en ulempe. For eksempel vil det være en fordel at det klarer å måle lave konsentrasjoner av spesifikke komponenter. Samtidig kan det være ugunstig at målingene påvirkes mye av viskositetsendringer. Fluorescens-spektroskopi er egnet til bruk i matindustrien ved at det er mulig å studere funksjon, struktur og reaktivitet i ulike celler og molekyler (Ramanujam, 2000).

2.2.3 Raman-spektroskopi

Raman-spektroskopi ligner på infrarød spektroskopi. Dette fordi begge metodene baserer seg på molekylære vibrasjoner. Det som skiller Raman-spektroskopi fra infrarød spektroskopi, er at infrarød spektroskopi baserer seg på absorpsjon av lys, mens Raman omhandler fotonspredning. Raman-spektroskopi bruker en enkelt utstrålingsfrekvens for å bestråle prøven. Ved denne spektroskopimetoden interfererer lys med molekylene og polariserer skyen av elektronene rundt kjernen. Da dannes det et kortsiktig stadium kalt for en «virtuell tilstand». Denne tilstanden er ustabil og fotonet blir raskt gjenutstrålt. Vibrasjonene som dannes da vil gi endringer i bindingenes polariseringsevne. Dette vil vises som et bånd i et Raman-spekter (Smith & Dent, 2005).

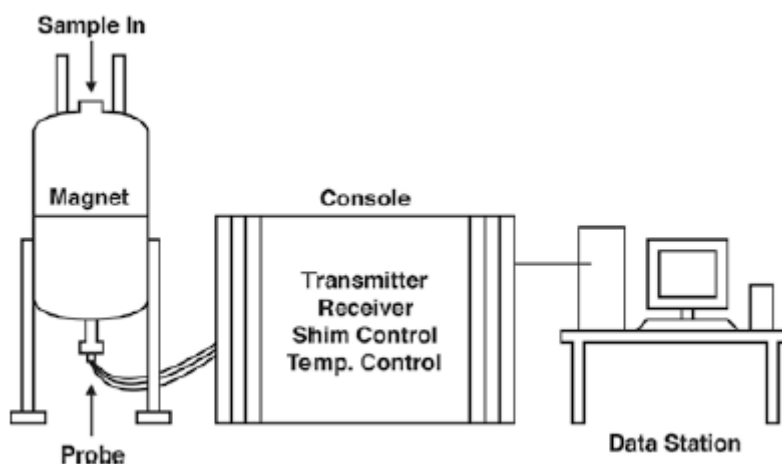
Målinger med et Raman-instrument blir gjort på små områder og det brukes laserstråler for å få nok energi. Resultatene fra målingene kan gi en grundig forklaring av den kjemiske sammensetningen til svært komplekse materier. Av den grunn er metoden mye brukt blant leger for å bestemme biologiske endringer i vev hos pasienter (Kong et al., 2015). Ved bruk av Raman-spektroskopi på kjøtt er det vanligst å gjennomføre målinger som viser intensiteten til protein og fett (Jin et al., 2016). For måling på kjøtt er en 785 nm laser svært egnet å bruke for å undersøke strukturen av kjøtt. Denne bølgelengden er egnet fordi kjøtt uttrykker lite fluorescens ved 785 nm (Yang & Ying, 2011). Studier har vist at det er mulig å predikere individuelle fettsyrer og total fettsyresammensetninger hos svin med bruk av Raman-spektroskopi (Berhe et al., 2016).

Negative sider ved Raman-spektroskopi er at Raman-signalet er ganske svakt. For enkelte organiske materialer kan fluorescensen være sterkere enn Raman-signalet. Fluorescensen vil da kunne overlappes Raman-signalet. I tillegg vil det kunne være vanskelig å skille to topper hvis de er svært nære hverandre. Dette er viktig å ta hensyn til siden kjøtt og organisk materiale er satt sammen av komplekse forbindelser av proteiner, fett og andre organiske molekyler. Forbehandling av kjøttprøver har allikevel vist at det er mulig å selektivt forsterke Raman-signalene som ønskes. Et tredje potensielt problem med Raman-spektroskopi er bruken av håndholdt instrument. De håndholdte instrumentene er ikke like kraftige som de større stasjonære instrumentene. Håndholdte Raman-instrumenter mangler ofte evne til optimal deteksjon av spektra eller de har for liten spektral oppløsning. Dette kan gjøre inspeksjon av prøver, for eksempel i en næringsmiddelbedrift, vanskelig (Jin et al., 2016).

2.2.4 Kjernemagnetisk resonans (NMR)

NMR står for Nuclear Magnetic Resonance eller kjernemagnetisk resonans. Det kan brukes til å bestemme strukturen til kjemiske forbindelser. Metoden har store fordeler ved at det gir raske svar. Selve målingen i et NMR-instrument vil kunne ta omtrent 1 minutt. Sammenlignet med andre spektroskopiske målemetoder vil NMR kunne bestemme komplett struktur til en prøve. De siste tiårene er det blitt mer vanlig å bruke NMR til analyse på mat, fordi instrumentene er blitt forbedret og kostnadene er blitt mye lavere enn tidligere. I tillegg til dette er det mulig å lage spesialiserte NMR-teknikker som enkelt kan brukes av andre med mindre kunnskap på instrumentet. Ved slike teknikker kan det være ferdige kalkuleringer på en datamaskin koblet

til NMR-apparatet. Da kan for eksempel fettinnhold måles med et enkelt tastetrykk (Reuhs & Simsek, 2017). Illustrasjon av hvordan NMR-instrument er satt opp er vist i Figur 6.



Figur 6. Illustrasjon av NMR-apparat, konsoll og datastasjon (Reuhs & Simsek, 2017).

Prinsippet bak kjernemagnetisk resonans er å bruke et konstant homogent magnetfelt av varierende styrke og pulserende radiofrekvenser mot prøven. Dette vil indusere endringer i kjernespinntil atomene. Disse endringene er frekvensavhengige og vil gi informasjon om antall atomer og dette atomets mobilitet. Dette vil gi informasjon om miljøet ulike atomer er omgitt av og videre benyttes for å finne den totale sammensetningen av prøven. Magnetfeltet som brukes kan ha en frekvens fra 10 MHz til 100 MHz. I næringsmiddelindustrien er det vanlig å bruke lavfrekvent magnetfelt, 10-40 MHz, rutinemessig for å bestemme fett- og vanninnhold i en prøve (Scotter, 1997). Ved bruk av NMR sammen med andre spektroskopiske målemetoder kan verdiene fra NMR-målingene kunne brukes som referanseverdier. Referanseverdiene brukes sammen med spektroskopiske målemetoder for å utvikle regresjonsmodeller som kan vise samsvar mellom målte og estimerte verdier (Reuhs & Simsek, 2017).

2.3 Dataanalyse

Ved bruk av spektroskopiske metoder vil det dannes store datasett som inneholder mye informasjon. Denne informasjonen er vanskelig å tolke med det blotte øyet. Det trengs dermed programmer som kan analysere dataene for oss. Datasettene inneholder ofte støy og variasjon som kan være uønsket. Uønsket variasjon kan være et resultat av ulik tykkelse på prøvene, forskjellig lysspredning, ulik avstand mellom prøvene og proben, eller instrumentale påvirkninger. Støy kan være på grunn av strølys, altså lys fra omgivelsene. Ved bruk av

preprosessering av datasettene er målet å fjerne fysiske effekter som ikke har direkte sammenheng med den kjemiske oppbyggingen av prøvene (Fearn, 2005).

2.3.1 Preprosessering av data

Det finnes mange former for preprosessering av spektral data. Ulike varianter av preprosessering kan virke ulikt på forskjellige datasett. Av den grunn kan det lønne seg å forsøke flere teknikker for preprosessering av data for å finne ut hvilke metoder som gir de beste modellene. Ved preprosessering av datasett er to vanlige metoder å *sentrere* eller *normalisere* datasettene. Preprosessering av data gjøres på absorpsjonsspektrene.

Sentrering eller *midling* av datasett gjøres ved å fjerne det gjennomsnittlige nivået av hver variabel for å jevne ut spekteret. På denne måten kan dataen tolkes ved å se på variasjonen i spektrene og ikke på de generelle nivåene. En fordel med sentrering av datasettene er at eventuelle konstantledd elimineres ved regresjon. Dette gjør tolkning av modeller enklere (Bro, 1996).

Mye brukte metoder for *normalisering* er standard normal variasjonskorrigerings (SNV), multiplikativ spredningskorrigerings (MSC), eller utvidet multiplikativ spredningskorrigerings (EMSC). Ved normalisering av spektrale datasett vil det kompenseres for additiv variasjon i grunnlinje og multiplikativ variasjon (tilting) i datasettet. Disse variasjonene er vanligvis induisert av fysiske effekter i form av ulik grad av spredning gjennom spekteret. Denne spredningen avhenger av brytningsindeksen, partikkelstørrelsen og bølgelengden. Ved MSC vil datasettet få lik grad av spredning. Ved SNV vil hvert spekter få lik variasjon, men spekteret vil bli normalisert til null i gjennomsnitt (Bro, 1996).

2.3.2 Kalibrering av datasett

Multivariabel kalibrering kan brukes som et verktøy sammen med spektroskopiske målemetoder, slik at disse metodene kan benyttes i stedet for kompliserte, dyre og tidkrevende enhetsoperasjoner. Det finnes flere varianter for multivariabel kalibrering. Modellene vurderes grafisk og kan være svært kompliserte (Bro, 1996).

Prinsippal komponent analyse (PCA) komprimerer store datamengder og dette forenkler tolkning av resultatene. Spektroskopisk data er ofte kolinære og vanskelige å tolke. Ved bruk

av PCA vil kolineariteten fjernes og tolkningen vil forenkles. PCA er et svært viktig verktøy for å identifisere grupperinger eller «uteliggere» (Esbensen et al., 2004). Uteliggere er prøver som skiller seg fra de resterende prøvene i datasettet. Det er viktig å identifisere uteliggere, siden de kan føre til feil i regresjonsmodellen. Når en potensiell uteligger er observert, vil det undersøkes om den bør fjernes fra resultatene eller ikke. Uteliggere kan være en årsak av feil ved målinger eller utregninger, eller lite representativt uttak av en prøve (Montgomery, 2013). Delvis minstekvadrats regresjonsanalyse (PLSR) er en type multivariabel kalibrering som er svært vanlig å bruke ved multivariable kalibreringer (Miller & Miller, 2010). Her vil kalibreringen relatere to datasett for å se hvor godt den spektrale informasjonen i X-matrisen samsvarer med referansemålingene i Y-matrisen (Esbensen et al., 2004).

For å unngå overtilpassing og for å undersøke nøyaktigheten til kalibreringsmodellen som er valgt, må den valideres. Da er det svært vanlig å bruke kryssvalidering. Det blir gjort samtidig som regresjonsmodellen blir laget. Kryssvalidering baserer seg på å utelukke en eller flere prøver fra modellen. Modellen vil predikere de utelatte prøvene ved å bruke de resterende prøvene til å lage modellen. Valideringen er fullført når alle prøvene er blitt utelatt. Det finnes ulike typer for kryssvalidering, der modellen enten kan utelate bestemte grupper av prøver systematisk, eller som en full kryssvalidering der man tar ut én og én prøve. Full kryssvalidering skal egne seg best hvis det er få prøver. Den ultimate valideringen for å undersøke om en kalibreringsmodell kan brukes praktisk, er å kjøre en test-sett validering. Ved en slik validering vil det brukes prøver med ukjent innhold av den kjemiske substansen som skal bestemmes. Da vil kalibreringsmodellen som allerede er laget brukes for å se om den er god nok til kommersiell bruk (Bro, 1996; Fearn, 2005).

Ved en kryssvalidering vil det gis viktig informasjon om standard regresjonsparametere som prediksjonsfeilen – Root Mean Square Error of Prediction (RMSEP) også kalt for Root mean Square Error of Cross Validation (RMSECV). I tillegg gir det informasjon om korrelasjonskoeffisienten (R^2). Korrelasjonskoeffisienten representerer forklart varians og har en verdi mellom -1 og 1. R^2 forteller hvor god statistisk sammenheng det er mellom spektrene og referanseverdiene. En verdi nærmere 0 vil tilsi dårligere samsvar (Frøslie, 2018). Prediksjonsfeilen, RMSEP/RMSECV, er mye brukt for å måle forskjellene i gitte verdier og verdiene predikert av modellen. Det er gjennomsnittsfel og et sammenligningstall. RMSECV/RMSE er definert som:

$$\text{RMSECV or RMSEP} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_p} (\hat{y}_i - y_i)^2}{n_p}}$$

Hvor n_p er antall validerte objekter, og \hat{y}_i og y_i er de predikerte og målte verdiene for den i -ende observasjonen i kalibreringssettet. Verdien gir et gjennomsnitt over usikkerheten som kan forventes for prediksjon av fremtidige verdier. Lavere RMSE-verdi er ønskelig, siden det gir mindre usikkerhet til modellen (Nicolai et al., 2014). Analyser på kjemiske sammensetninger avhenger av et godt prøveuttak. Prøveuttaket må vurderes nøye, siden et dårlig prøveuttak vil gi regresjonsmodeller med lite samsvar (Miller & Miller, 2010).

2.4 Sensorikk

En enkel definisjon av sensorikk er «*Læren om våre sansers oppfattelse av stimuli*» (Nofima, 2018). Kunnskap om dette kan gjøre at det på et vitenskapelig nivå er mulig å forstå hva som er viktig for forbrukerne. I takt med økning av prosessert mat har forskningsområdet innenfor sensorikk vokst mye siden 70 årene. Sensorisk evaluering omhandler et sett av teknikker for nøyaktig måling av menneskelige responser til matprodukter. I tillegg fokuseres det på å minimere potensielle forutinntatte effekter fra merkevarenavn eller annen informasjon som kan påvirke forbrukers oppfatning av produktet. Sensoriske analyser prøver dermed å isolere de sensoriske egenskapene i produkter. Dette gjøres hovedsakelig ved å kontrollere omgivelsene for å forhindre påvirkning av forutinntatte effekter. På den måten kan det skaffes informasjon om produktene som er svært nyttige for matindustrien, produktutviklere og forskere (Lawless & Heymann, 2010).

Det finnes flere typer sensoriske analyser. Dette kan for eksempel være beskrivende analyse, forskjellstester eller preferansetester. En beskrivende analyse, også kalt profilering, av et produkt er en objektiv og kvantitativ analyse. Profileringen gir en detaljert oversikt over egenskapene til et produkt. Analysen beskriver også intensiteten av disse egenskapene. Beskrivende analyser har vist seg å være de mest omfattende og informative sensoriske verktøyene. Profilering av produkter er svært egnet for å identifisere underliggende prosessvariabler og hvilke egenskaper som er viktig for aksept hos forbrukere. For at en sensorisk analyse skal være vellykket er det viktig å bruke et trent panel. Hver dommer må ha

evne til å fremkalle, måle, analysere og tolke responsene til et produkt. Dette er oppfattet via syn, lukt, berøring, smak og hørsel. Panelet er nøye satt sammen og dommerne er svært sensitive for ulike lukter og smaksnyanser. Dommerne må ha god evne til å beskrive egenskaper i prøvene. Ved en profilering er det vanlig å bruke et panel med 8-12 dommere (Lawless & Heymann, 2010).

Ved sensorisk evaluering er det mye data som blir samlet. For å behandle data fra sensoriske analyser er det vanlig å bruke statistiske metoder som regresjons- og korrelasjonsanalyser. Multivariable statistiske analyser er godt egnet til bruk sammen med kvantitative sensoriske analyser. Det er vanlig å bruke PCA for å forenkle og beskrive forholdet mellom produktene og egenskapene som er beskrevet. Dette er spesielt nyttig når flere variabler er korrelert med hverandre, noe som er svært vanlig i sensorisk beskrivende data. Komponent-analysen blir vanligvis gjort på gjennomsnittsdata fra alle dommerne og gjentakene. En annen nyttig analyse er variansanalysen ANOVA (Analysis of Variance). Her testes likheten mellom to eller flere produkter på bestemte egenskaper. Det undersøkes om to produkter er signifikant ulike ved å bruke t -test med 95 % konfidensintervall. Her brukes gjennomsnittsverdiene til produktene. I tillegg er Tukeys prosedyre, F -test, vanlig å bruke sammen med ANOVA. Tukey er nesten identisk med t -test, men skiller seg litt fra denne metoden. Ved Tukey sammenlignes gjennomsnittene i produktene og det vurderes likheter mellom prøvene (Lawless & Heymann, 2010).

3 Materialer og metoder

Brislene som ble benyttet kom fra Norturas slakteri på Rudshøgda. I følge slakteriet kom brislene fra dyr de anså som kalv og som var 16-18 måneder gamle. Det ble gjort innledende forsøk og hovedforsøk. Det som ble gjort i hovedforsøkene ble bestemt på grunnlag av resultatene fra innledende forsøk.

3.1 Innledende forsøk

Til innledende forsøk ble det mottatt 18 utrimmede brisler fra Nortura Rudshøgda. Det ble gjort et besøk til slakteriet for å observere uttak av brissel. Temperatur på brisselen ved uttak ble notert til å være mellom 27 °C og 29 °C. Brislene ble fryst ned ved -25 °C med en gang de ankom Nofima. Alle, bortsett fra en brissel kom fra kalv. Den ene kom fra et voksent dyr. På Nofima ble brislene klassifisert. I tillegg ble det gjennomført spektroskopiske målinger og fettanalyser.

3.1.1 Klassifisering av brisler

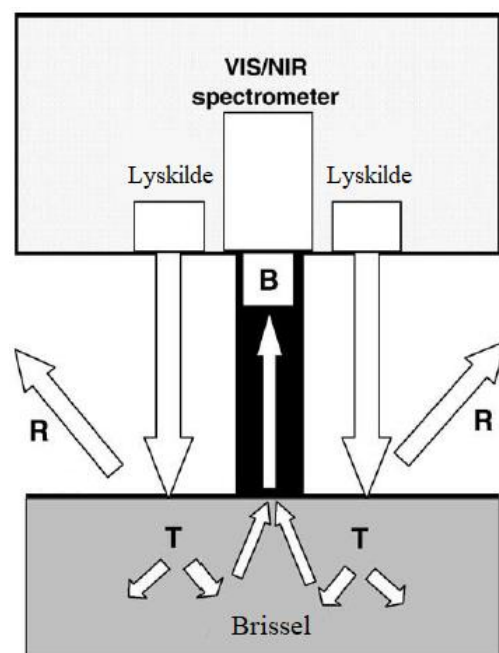
Dagen før klassifisering av brislene, ble de lagt i et 4 °C kjøleskap for tining. Michael Hansen, Nofimas dyktige kokk med godt kjennskap til brissel, gjorde en enkel klassifisering av de 18 brislene (Hansen, 2018B). De ble klassifisert i kategori 1, 2 og 3, der kategori 1 hadde best kvalitet og kategori 3 hadde dårligst kvalitet i henhold til en kokks øyne. Han la vekt på hvilke brisler han helst ville benyttet seg av ved matlaging. Han så og kjente nøye på brislene. Mykere brisler var bedre enn fastere brisler. Han fokuserte også på mengde blod på brisselen. Brislene ble nummeret og lagt i poser markert med nummer og klassifisering. Umiddelbart etterpå, ble det gjennomført nærinfrarøde spektroskopiske målinger av alle brislene.

3.1.2 VIS/NIR spektroskopi

Første målerunde

Brislene ble målt spektroskopisk med et VIS/NIR instrument kalt for Qpoint (QVision AS, Norway, 2008). VIS/NIR instrumentet måler både i det synlige/visible (VIS) og nærinfrarøde (NIR) området. Dette instrumentet ble opprinnelig laget for å måle fettinnhold og pigmentet i hel laks (Folkestad et al., 2008). Lyset fra to 50 W halogenpærer (OSRAM, Augsburg, Tyskland) ble projisert ned gjennom en optisk linse slik at lyset traff brisselen, se Figur 7.

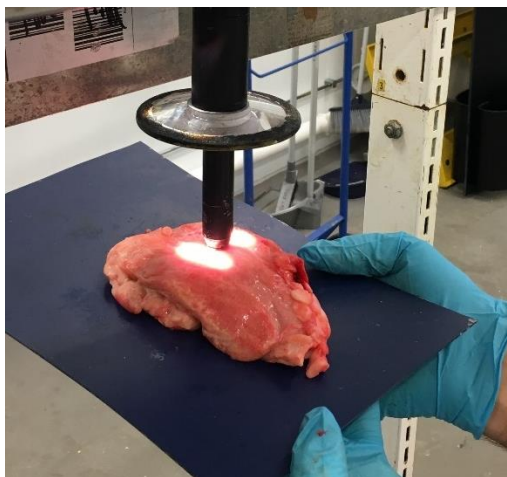
Deler av lyset ble reflektert ved overflaten av brisselen, mens andre deler ble transmittert inn i brisselen. En del av lyset som kom ut av brisselen ble reflektert ut igjen fra brisselen og sendt opp et rør videre til spektrometeret og en sensitiv CCD-detektor. Dette måleprinsippet kalles for interaktans (Heia et al., 2016). Spektrometeret har en 20 nm oppløsning og måler i områdene 460-740 nm og 760-1040 nm. Hver måling varte i 1 sekund. Ved målingene var røret i kontakt med overflaten til brisselen for å forhindre strølys fra omgivelsene. Instrumentet sikrer at det blir målt omtrent 10-15 mm inn i prøven. Før målingene ble satt i gang ble instrumentet kalibrert mot en krumbøyd hvitreferanse med bariumsulfat. Denne referansemålingen ble brukt for å kalibrere instrumentet på alle dager det ble målt.



Figur 7. Illustrasjon av hvordan lyset fra instrumentet treffer brisselen. Viser også hvordan det blir absorbert og reflektert. R = reflektert lys, T = transmittert lys, B = transmittert lys som er sendt tilbake (Folkestad et al., 2008).

Brislene ble plassert på en mørkeblå plate, se Figur 8. Prøvene ble holdt så rolig som mulig, siden bevegelse kan gi unøyaktig måling og støy. Det ble gjort tre eller fire målinger på hver brissel, hvor tre målinger ble gjort på selve brisselen. Den fjerde målingen ble gjennomført på omliggende vev på enkelte av brislene. Målinger på omliggende vev ble gjort på grunn av oppgavens opprinnelige målsetting. Brislene ble fryst ned ved $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Data ble plottet inn i MATLAB r2017b og The Unscrambler X 10.3 for å undersøke om det kunne være aktuelt å fortsette med NIR målinger. Resultatene var lovende og det ble bestemt at det videre skulle

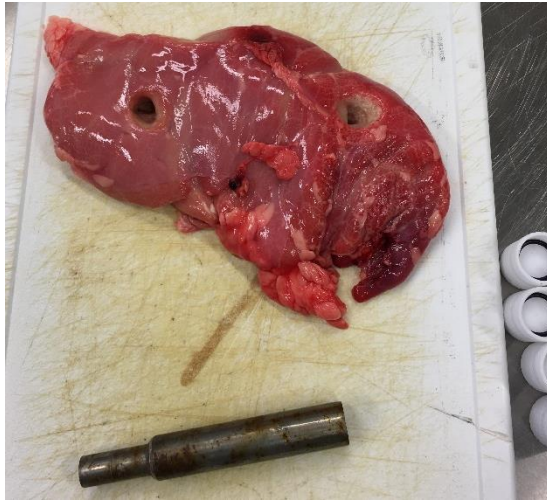
gjennomføres nye NIR målinger, Raman-spektroskopi, Fluorescens-spektroskopi og fettanalyser med NMR. Alle disse metodene ble valgt for å kunne vurdere hvilken metode som egnet seg best for måling på brissel.



Figur 8. NIR måling på brissel som ligger på den blå platen (Foto: Lise Gulliksen Schüller).

Andre målerunde

Ved den andre runden med VIS/NIR målinger ble brislene lagt til tining ved 4 °C dagen før målingene skulle gjennomføres. Samme Qpoint-instrument ble brukt og det ble kalibrert med hvitreferansen. Brislene ble lagt på samme mørkeblå plate som sist. Det ble gjort målinger to ulike steder på hver brissel, måling A og måling B. Nøyaktig samme område ble stanset ut med et skarpt rør (en utstanser). Utstanseren var omtrent samme størrelse i diameter som røret som gikk opp til NIR spektrometeret. Dette er vist i Figur 9. Det ble tatt ut totalt 37 prøver. En av brislene hadde kun en prøve siden den var så liten. Utstanset område ble merket med brisselnummer og måling A eller B.



Figur 9. Brissel med to utstansede områder. Det skarpe røret ligger nederst (Foto: Lise Gulliksen Schüller).

3.1.3 Kjernemagnetisk resonans (NMR)

Det utstansede området ble veid og plassert i teflonrør til NMR. Disse rørene, Figur 10, er spesialprodusert til Nofima AS. Delen av røret hvor prøvematerialet tilføres var 1.8 cm i diameter og 2.2 cm høyt. Vekten ble notert for hver prøve. Dette ble gjort ved å plassere teflonrøret på en vekt med to desimaler, nullstille vekten, deretter tilsette prøvematerialet og veie på nytt. Skrulokk med gummipakning ble skrudd på. Hvilken prøve som var i hvilket rør ble notert. Prøvene ble varmet opp til 40 °C ved å stå i TECHNE DRI-BLOCK® DB·3D i minimum 30 minutter. NMR-apparatet som ble brukt var av typen @nTEK AE TECHRON AMR 20 MHz Spectrometer (2017). Temperaturen i NMR-apparatet ble satt til å måle ved 40 °C. Denne temperaturen ble valgt fordi det på dette tidspunkt var tenkt at alt fett ville være flytende her.



Figur 10. Teflonbeholder til NMR. Med brissel og uten skrulokk (Foto: Lise Gulliksen Schüller).

Det ble målt fettinnhold i prøvene. For å utføre fettmålingene ble det brukt en beregning som kalles for OneShot. Datamaskinen kommuniserte med NMR-instrumentet ved hjelp av programmet OpenNMR. Dataene ble lagret som ASCII-filer. Luftstrømmingen til spektrometeret var på maksimum 10 liter/minutt. Det ble brukt en XLS-applikasjon. Denne applikasjonen hadde en dialogboks for å kommunisere med instrumentet. Applikasjonen tok hensyn til prøvevekten. Vekt og prøvenavn ble skrevet inn i dialogboksen før hver enkelt måling. Mellom hver måling var det ett minutt pause, slik at instrumentet ikke ble for varmt. Det ble gjort 2 eller 3 fettmålinger på hver prøve. Der det var stor variasjon mellom måling 1 og 2, ble det gjort et gjentak til. Det ble tatt et gjennomsnitt av parallellene for hver prøve. I tillegg ble det forsøkt å gjennomføre målinger på vanninnhold. Metoden var hovedsakelig utarbeidet for å måle vanninnholdet i kyllingfilet. Hos brissel viste metoden dårlig samsvar mellom fett- og vanninnhold. Av den grunn er ikke denne metoden tatt med i arbeidet.

3.1.4 Raman-spektroskopi

Raman-instrument av typen Kaiser Optical Systems, Inc (Ann Arbor, MI, USA, 2016) - RamanRXN2™ Multi-channel Raman Analyzer med en 785 nm laser og PhAT-probe ble tatt i bruk. Instrumentinnstillingene ble stilt inn ved å bruke iC Raman™ versjon X software (Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland). Måleområdet var på 6 mm i diameter. Spektra ble målt med en laserintensitet på 400 mW i området på 300-1890 cm^{-1} med 0.3 cm^{-1} intervaller. Eksponeringen var på 4 x 15 sekunder. Områder på omtrent 2 x 2.5 cm ble skåret ut og plassert i aluminiums-skåler som vist i Figur 11.



Figur 11. Fire utskårede områder av brissel og vev til Raman-målinger. Hver prøve lagt klar i aluminiums-skåler (Foto: Lise Gulliksen Schüller).

Aluminiums-skål med prøve ble plassert i målekammeret til Raman-instrumentet. Det var omtrent 1 cm avstand mellom prøven og proben. En sort kapsel, Figur 12, ble senket for at målingene ikke skulle bli påvirket av omgivende lys. På de største brislene ble det tatt ut 3 prøver, mens på de mindre brislene ble det tatt ut 2 prøver. På hver prøve ble det gjort 3 målinger. I tillegg til å måle på selve brisselen, ble det også gjennomført målinger på vevet rundt brislene. Målinger på vevet ble utført på grunn av oppgavens opprinnelige målsetting, hvor det var ønskelig å se på forskjellen mellom brissel og vevet rundt.



Figur 12. Sort kapsel som ble brukt til Raman-målingene for å forhindre strølys. Åpen til venstre og lukket til høyre (Foto: Lise Gulliksen Schüller).

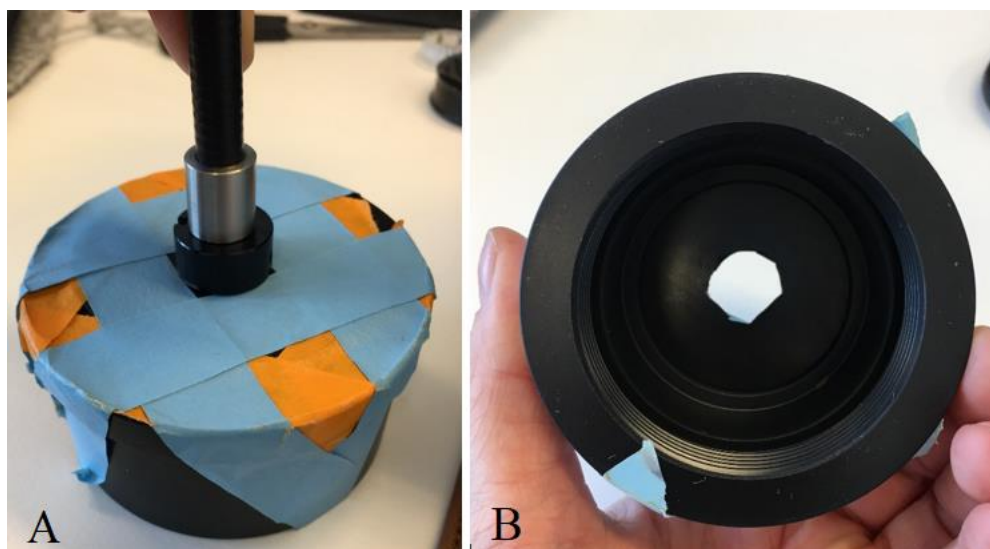
Alle prøvene ble lagt i små lynlåsposer markert med prøvenavn. Disse prøvene ble brukt videre til spektroskopisk analyse med Fluorescens-instrument. Spektrene fra Raman-målingene ble hentet ut fra datamaskinen for videre dataanalyse.

3.1.5 Fluorescens-spektroskopi

Det ble brukt identiske prøver til Fluorescens-målingene som til Raman-målingene. Instrumentet FluoroMax-4 Spectrofluorometer (HORIBA Scientific, Edison, NJ, USA, 2013), modell FLUOROMAX-4P S/N: 1143D-2613-FM, med en fiberoptisk probe ble tatt i bruk. Sammen med instrumentet ble programmet FluorEssence™ V3.8 for Windows® fra HORIBA Scientific brukt. Følgende innstillinger ble bestemt og benyttet under målingene:

- Eksitasjon 1 = 340 nm
- Front entrance slit = 5.0 nm Bandpass
- Exit slit = 5.0 nm Bandpass
- Emisjon 1 = 365 nm 630 nm
- Increment (måleintervall) = 2 nm.

Selve målingen ble gjort med en sort kapsel rundt prøvene for å unngå støy fra omgivende lys. Kapselen er avbildet i Figur 13. Innvendig målte kapselen 5.7 cm i diameter og 3.7 cm i høyden. I tillegg lå prøvene på et sort underlag. Den fiberoptiske proben ble plassert ned i et hull i den sorte kapselen.



Figur 13. Sort kapsel med probe koblet til Fluorescens-instrumentet (A) og kapselen nedenfra (B).
Benyttet for å forhindre strølys (Foto: Lise Gulliksen Schüller).

Proben var koblet til FluorEscence-instrumentet. Avstanden mellom prøvene og proben var omtrent 1.5 cm. Hver prøve ble målt totalt to ganger på to ulike områder. Der det ble gjort målinger med høyere intensitet (CPS) enn 1 600 000 ble front slit og exit slit redusert fra 5 mm til 4 mm.

3.1.6 Dataanalyse

Ved dataanalyse av NIR spektrene ble spektrene først eksportert via en rutine i MATLAB r2017b for å hente de ut. Denne rutinen ble utført av Jens Petter Wold ved Nofima AS. Rutinen måtte utføres fordi spektrene ble kjørt i en MATLAB-fil fra Qpoint-spektrometeret. I MATLAB ble de skrevet om til Excel-fil og deretter plottet inn i The Unscrambler X 10.3. Det

var både spekter for 460-740 nm (synlig) og 760-1040 nm (NIR). Spektrene var presentert som refleksjon, absorpsjon og SNV. Disse dataene ble fordelt i ulike datasett, hvor det ble sett på absorpsjons- og SNV-spektrene for NIR.

På absorpsjonsspektrene ble det gjennomført preprosessering i form av MSC og EMSC på spekteret. Fettprosent fra NMR og kategori på brislene ble lagt inn i nye kolonner. Det ble laget linjeplott for datasettene og spektrene ble gruppert med ulike farger til de forskjellige kategoriene. Det ble laget modeller basert på absorpsjon, samt SNV, MSC og EMSC. Modellene ble validert ved bruk av full kryssvalidering. PCA og PLSR ble utført. I PCA ble grupperinger og eventuelle uteliggere vurdert. For å vurdere regresjonsanalysen ble det sett på RMSE og korrelasjonskoeffisienten.

Spektrene fra Raman ble hentet ut fra Raman-instrumentet og preprosessert med EMSC. Det ble laget linjeplott i The Unscrambler. Som med NIR spektrene ble klassifiseringen lagt i egen kolonne for å observere om toppene varierte mellom de ulike klassifiseringene. Det ble også klassifisert mellom vevsprøvene og brisselprøvene. I tillegg ble det studert om det var mulig å se forskjell på fettsyresammensetningen. Dette ble gjort ved å se om brislene hadde ulike fett-topper.

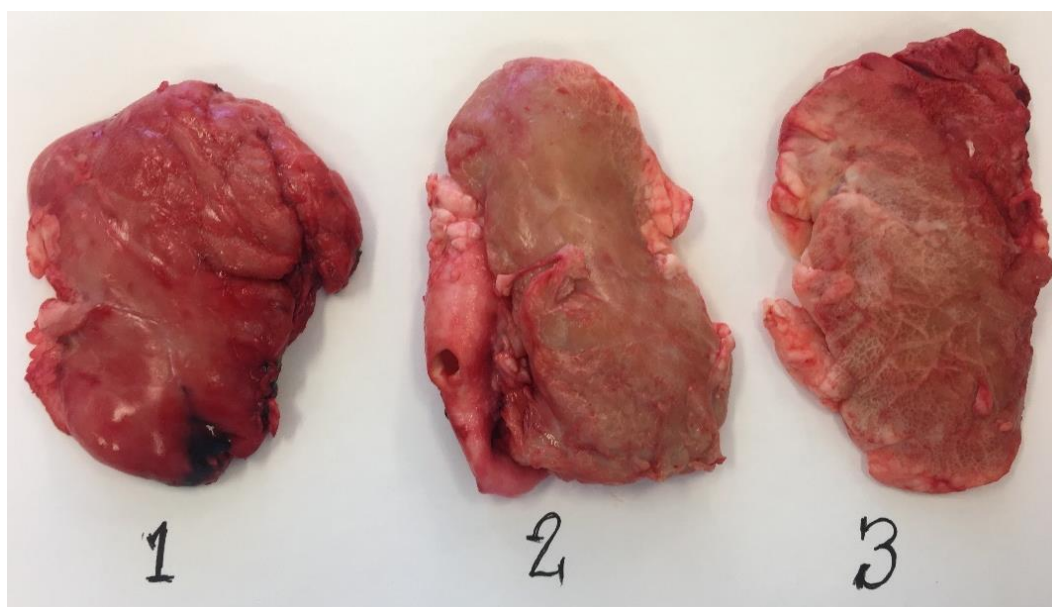
For Fluorescens-data behandlet stipendiat Carl Emil Aae Eskildsen ved Nofima AS disse spektrene i MATLAB. Eskildsen hentet ut spektrene og skrev dem om til en Excel-fil, slik at de ble plottet in i The Unscrambler. Der ble spektrene preprosessert med MSC og det ble lagd linjeplott. De ble gjort to ulike klassifiseringer, slik om med Raman. Full kryssvalidert PCA ble utført for å undersøke om det var grupperinger av enten brissel og vev, eller kategoriene.

3.1 Hovedforsøk

Basert på resultatene i de innledende forsøkene ble følgende gjort i hovedforsøkene: klassifisering av brislene, nærinfrarød spektroskopi og fettmålinger ved hjelp av NMR. Disse metodene ble valgt videre fordi de viste best potensiale til videre forskning. I tillegg ble det gjennomført en sensorisk analyse for å se om fettinnhold kunne ha en sammenheng med sensorisk oppfattelse. Det ble mottatt 38 frosne og utrimmede brisler fra Nortura. Disse ble oppbevart ved -25 °C frem til forsøkene startet.

3.2.1 Klassifisering av brisler

Likt som ved innledende forsøk gjorde kokken ved Nofima, Michael Hansen en enkel klassifisering av brislene (Hansen, 2018B). Det ble igjen klassifisert i kategori 1, 2 og 3, se Figur 14. Kategori 1 hadde mest ønsket kvalitet og kategori 3 hadde minst ønsket kvalitet. Noen av brislene var han usikker på og plasserte dem dermed i kategori 1-2 og kategori 2-3. Før brislene ble klassifisert ble de tint i kjøleskap ved 2 i °C cirka 20 timer og lå deretter i romtemperatur 1 time før de ble klassifisert. Etter klassifisering ble brislene plassert i hver sin lynlåspose med brisselnummer og klassifisering. Disse ble frosset raskt ned igjen ved -25 °C.

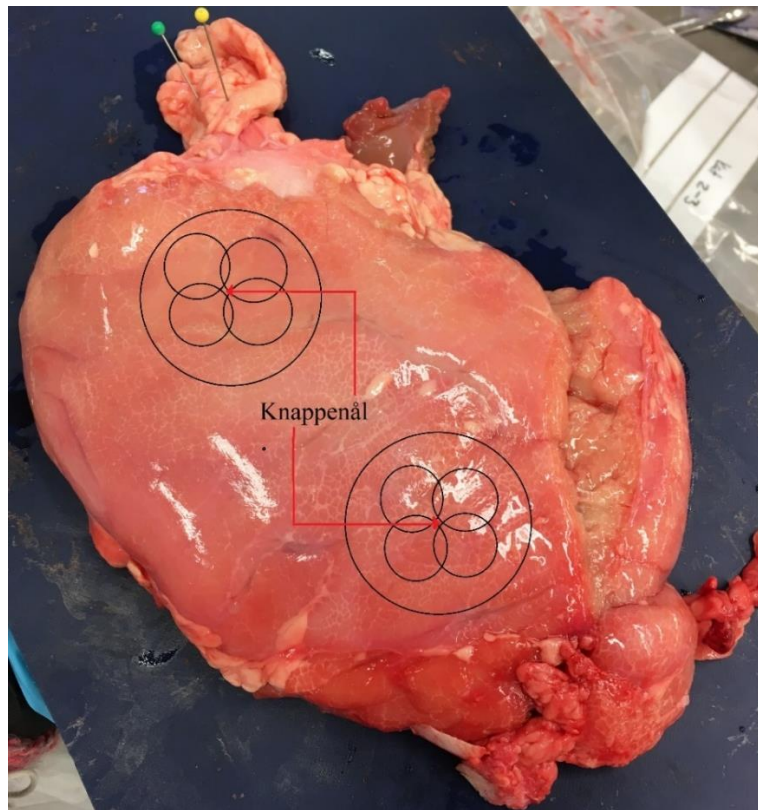


Figur 14. Klassifisering 1, 2 og 3 av brissel. Gjennomført av Michael Hansen (Foto: Lise Gulliksen Schüller).

3.2.2 VIS/NIR spektroskopi

Instrumentet Qpoint (Qvision AS, Norway, 2008) ble tatt i bruk. NIR målingene ble gjennomført på to områder på hver brissel. Målingene ble gjort på områder hvor det tydelig var brisselvev. På hvert av disse områdene ble det gjort fire målinger, vist i Figur 15. Det ble dermed gjennomført totalt åtte målinger per brissel. Årsaken til at det denne gangen ble tatt ut et større område var med ønske om å få en mer representativ prøve, samt bedre samsvar mellom NIR og NMR. Ved målingene var temperaturen på brislene omtrent 5 °C. Etter at de fire målingene på ett område var gjort, ble det plassert en knappenål i midten av området. Dette for å enklere se nøyaktig hvor området målingene ble gjennomført. Første området det ble gjort

måling på ble kalt for måling A. Det andre området ble kalt for måling B. Slik ble VIS/NIR målingene utført på alle brislene med unntak av seks små brisler som kun hadde måling A.



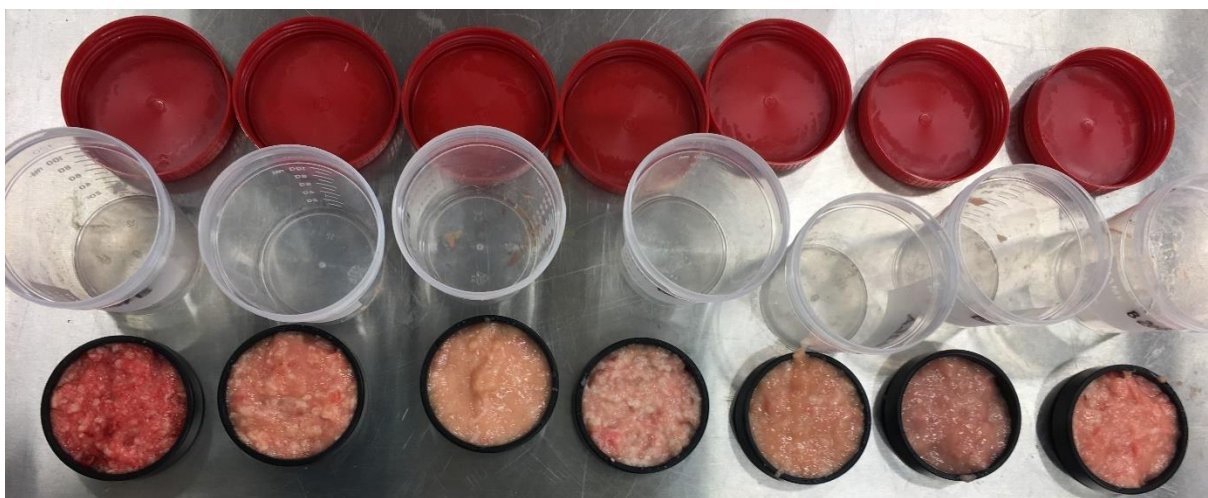
Figur 15. Stor brissel med markeringer for hvordan målingene ble gjennomført. Den store sirkelen er omtrentlig størrelse på området som ble skjært ut. De fire små sirklene er områdene som ble målt med Qpoint (Foto: Lise Gulliksen Schüller).

Områdene på brislene ble skjært ut med en radius på 2.4 centimeter ut fra knappenålen som vist i Figur 15. Det ble skåret 1-1.5 centimeter inn i brisselen. Dette ble valgt siden NIR instrumentet måler så langt ned i prøven. Utskjæringen ble gjort med en skalpell og en pinsett via bunnen av en rund boks, se Figur 16. Hver utskåret bit ble plassert i en egen boks med lokk med brisselnummer og måling A eller B. Totalt ble 70 områder skåret ut.



Figur 16. Utskjæring av prøveområder som skulle homogeniseres (Foto: Lise Gulliksen Schüller).

De utskårede områdene ble homogenisert i en Krups Mini Pro 780 Food Processor, 240 Watt. Det ble gjort i 2 x 5 sekunder, for at det ikke skulle dannes for mye varme fra maskinen. Beholderen til maskinen ble skylt med vann og tørket mellom hvert område som ble homogenisert. De homogeniserte områdene ble plassert i små sorte skåler, se Figur 17. Innvendig var skålene 5 cm i diameter og 1 cm høye. Deretter ble det gjort 2 målinger på hver prøve med NIR instrumentet. Målingene ble gjort på to ulike områder, så nærme midten av prøven som mulig. Ved målingene ble den sorte skålen plassert på samme mørkeblå plate som brislene ble lagt på. Homogeniserte prøver ble overført tilbake til koppen med markert prøvenavn og satt i kjøleskap ved 4°C frem til det ble gjort NMR-målinger dagen etter.



Figur 17. Homogeniserte prøver plassert i sorte skåler, klare for NIR målinger (Foto: Lise Gulliksen Schüller).

Etter målingene med NIR instrumentet, ble alle brislene grovtrimmet før de ble fryst ned. Grovtrimmingen innebar bortskjæring av vener, tydelig fettvev og annet som ikke var brissel. Samtidig med dette ble det notert ned hvilke som var av god størrelse, små eller svært blodige. Dette ble gjort for å gjøre det enklere når brislene skulle brukes til sensorisk analyse. Etter at brislene ble trimmet ble de plassert i nye, rene poser markert med nummer og klassifisering. Brislene ble fryst ned ved -25 °C.

3.2.3 Kjernemagnetisk resonans (NMR)

Områdene som var blitt skjært ut og homogenisert, ble målt med NMR for å bestemme fettprosenten. Fra hver homogenisert prøve ble det tatt ut to prøver som ble overført til to teflonrør til NMR. Dette er samme teflonrør som ble brukt til innledende forsøk med NMR. For å være sikker på at teflonrørene var fulle med prøve, ble det målt ut mellom 3 og 4 gram prøvematerialet i hvert rør. Dette ble gjort ved å sette teflonrøret på vekten, nullstille vekten og deretter tilsette prøvematerialet og veie på nytt. Vekten ble notert for hver prøve. Skrulokk med gummipakning ble skrudd på. Likt som ved innledende forsøk ble prøvene varmet opp til 40 °C ved å stå i TECHNE DRI-BLOCK® DB-3D i minimum 30 minutter. NMR-apparatet som ble brukt var av typen @nTEK AE TECHRON AMR 20 MHz Spectrometer (2017). Temperaturen i NMR-apparatet ble satt til å måle ved 40 °C. Denne temperaturen ble valgt fordi det på dette tidspunkt var tenkt at alt fett ville være flytende her. Ved disse målingene ble det kun gjort måling av fettprosent. OneShot-metoden ble brukt. Det ble gjort 3 fettmålinger av hver prøve. Deretter ble det gjort et gjennomsnitt av parallellene for hver prøve.

3.2.4 Dataanalyse

Likt som ved innledende forsøkene ble dataanalyse av NIR spektrene gjort ved å først å eksportere spektrene i via en rutine i MATLAB r2017b, deretter plote inn i The Unscrambler X 10.3. Følgende ble gjort på både data fra hel brissel og homogenisert prøve: Kun spekter for 760-1040 nm (NIR) ble undersøkt. Spektrene var presentert som refleksjon, absorpsjon og SNV. Disse dataene ble fordelt i ulike datasett, hvor det videre ble sett på absorpsjons- og SNV-spektrene. På absorpsjonsspektrene ble det gjennomført preprosessering i form av MSC og EMSC på spekteret. Fettprosent fra NMR og kategori på brislene ble lagt inn i nye kolonner. Det ble laget linjeplott for datasettene og spektrene ble gruppert med ulike farger til de

forskjellige kategoriene. Det ble laget modeller basert på absorpsjon, samt SNV, MSC og EMSC.

PCA og PLSR ble utført. I PCA ble grupperinger og eventuelle uteliggere vurdert. For å vurdere regresjonsanalysen ble det sett på RMSE og korrelasjonskoeffisienten. Regresjonsanalysen ble gjort på hver enkelt måling eller som et gjennomsnitt av alle målingene på ett område. På brisselen ble det også tatt gjennomsnitt av to målinger. Dette ble gjort for å vurdere hvor godt samsvar det var mellom NIR og NMR ved å bruke 1, 2 eller 4 målinger. Uteliggere i modellen ble fjernet og det ble kjørt ny regresjonsanalyse for å vurdere påvirkningen av uteliggerne. Modellene ble validert ved bruk av full og systematisk kryssvalidering. På gjennomsnittet av alle målingene ble det brukt full kryssvalidering. På analysene uten fullt gjennomsnitt ble det brukt systematisk kryssvalidering ved å systematisk ta ut hele grupperingen fra samme prøveområde (A eller B).

3.2.5 Sensorisk analyse

En sensorisk analyse og profilering av fet og mager kalvebrissel ble gjort ved hjelp av det sensoriske panel ved Nofima. Panelet består av 10 sensoriske dommere som kun gir objektiv bedømmelse av prøver. Dette forsøket ble fordelt over to dager. Første dagen ble det preparert brisler med forskjellig fettinnhold. Dette for å kartlegge hvordan brislene skulle tilberedes og hvordan den sensoriske analysen skulle gjennomføres uken etterpå. Brislene ble valgt ut ifra fettinnholdet som ble målt ved NIR og NMR-analysene. Det ble valgt brisler med variasjon i fettinnhold. Alle sensoriske analyser ble gjennomført med hjelp av Kristine S. Myhrer, prosjektleder/sensoriker, ved Nofima AS avdeling Ås. Under analysene satt dommerne i avlukkete båser uten forstyrrelser. De spyttet ut prøvene etter analyse og skylte munnen med lunket vann mellom hver prøve. Dataprogrammet EyeQuestion® ble brukt for å samle inn data. PanelCheck v 4.1.2 ble brukt for tolkning av data.

Dag 1 – Forforsøk

Fem brisler med fettinnhold 4.5 %, 2 x 12 %, 19 % og 21.5 % ble tint dagen før i kjøleskap ved 4 °C. Brislene ble tilberedt på fire ulike måter:

1. Trukket kun i vann
2. Trukket i vann + salt
3. Trukket i vann + salt + krydderlake (hvitvinseddik, laurbær, pepperkorn)
4. Blansjert i saltvann og stekt i panne

Alle dommere gjorde en beskrivende analyse av alle brislene. Dommerne skrev ned egenskaper og smaker de syntes var fremtredende. Dommerne diskuterte også i gruppe. Det ble valgt hvilke egenskaper som skulle analyseres i hovedforsøket. I tillegg ble det diskutert hvordan brislene skulle tilberedes ved hovedforsøket.

Dag 2 – Hovedforsøk

Ved hovedforsøket var det kun 8 dommere tilstede. Brislene ble inndelt i 3 kategorier: mager, medium og fet brissel. Mager brissel hadde fettprosent mellom 3-8 %, medium hadde 12-17 % fett og fet hadde 20-30 % fett. I tillegg ble det brukt ytterpunkter. Ytterpunktene ble brukt til å kartlegge til hvilken grad skalaen skulle brukes ved analysene. Innenfor hver kategori ble det brukt 6-7 brisler med følgende fettinnhold:

- Nedre ytterpunkt: 3.5 % og 5 %
- Øvre ytterpunkt: 20 % og 30 %
- Mager: 3.5 %, 4 %, 5 %, 5%, 7 % og 7.5 %
- Medum: 12 %, 13.5 %, 14.5 %, 14.5 %, 15 %, 17 % og 17 %
- Fet: 20 %, 21 %, 22 %, 25 %, 25% og 30 %

Det var enklest for dommerne å beskrive egenskapene når brislene hadde trukket i vann med salt. Derfor ble denne tilberedningen benyttet. De ble trukket i varmt vann frem til de hadde en kjernetemperatur på mellom 76-80 °C. De lå i dette vannet i kjøleskap frem til dagen etter. Deretter ble den tynne hinnen og eventuelle fettklumper fjernet. Brislene ble skåret i 1 cm tykke biter på omtrent 2 x 2 cm, se Figur 18. Innenfor hver kategori; mager – medium – fet – nedre ytterpunkt – øvre ytterpunkt; ble brisselbitene blandet og fordelt ut igjen. På denne måten var

det nok materiale til 4 gjentak innenfor hver kategori. Bortsett fra ytterpunktene hvor det kun var 1 gjentak. Hvert gjentak fikk et tresifret nummer, slik at dommerne ikke skulle vite hvilken prøve de fikk. Brislene var omtrent 24 °C da analysene ble gjennomført. Ytterpunktene ble analysert først, med en diskusjon etterpå. Under diskusjonen ble dommerne enige om hvordan egenskapene skulle beskrives og eventuelle vanskeligheter med egenskapene ble oppklart.



Figur 18. Oppskårede biter av brisler til sensorisk analyse (Foto: Lise Gulliksen Schüller).

Alle egenskapene ble vurdert på en skala fra 1-9 hvor 9 var sterkest intensitet. Etter diskusjonen ble 4 gjentak fra 3 kategorier analysert. Totalt, uten ytterpunktene, var det 12 prøver som ble servert i ulik rekkefølge til dommerne. Følgende egenskaper ble vurdert: fargetone, fargestyrke, hvithet, homogenitet, syrlig lukt, metallukt, kjøttlukt, leverlukt, syrlig smak, søtsmak, saltsmak, bitter smak, umamismak, metallsmak, kjøttsmak, leversmak, fettsmak, emmensmak, hardhet, mørhet, fethet, saftighet, kornethet, klebrighet og ettersmak. Detaljert beskrivelse er å finne i Vedlegg A og B. Disse egenskapene ble vurdert siden flere av dem er typiske egenskaper til kjøttprodukter. I PanelCheck ble det utført Tukey, ANOVA *t*-test og laget PCA Bi-plots. Resultatene og tiltenkte bruksmuligheter for brissel ble diskutert med Kristine S. Myhrer (Myhrer, 2018).

4 Resultater

4.1 Innledende forsøk

4.1.1 Klassifisering og NMR

Figur 19 viser en brissel i kategori 2 med et høyt fettinnhold. Brisselen var helt fin ved overflaten, men var veldig heterogen og hadde en stor fettklump innvendig.



Figur 19. Veldig heterogen brissel nummer 11 med snitt. Klassifisert som kategori 2 (Foto: Lise Gulliksen Schüller).

Klassifisering og resultatene fra NMR er presentert i Tabell 2. Det er hentet fra Vedlegg C. Det var stor variasjon mellom brislene, samt innad i brislene ved måling A og B. Tabellen viste at fettprosenten varierte fra 5 % til 46 %. De fleste brislene lå mellom 5 % og 30 %. Noen av brislene som var klassifisert til kategori 2 hadde lavere fettprosent enn enkelte i kategori 1. Brissel 11, Figur 19, som var i kategori 2 hadde mye høyere fettinnhold enn flere av brislene i kategori 3.

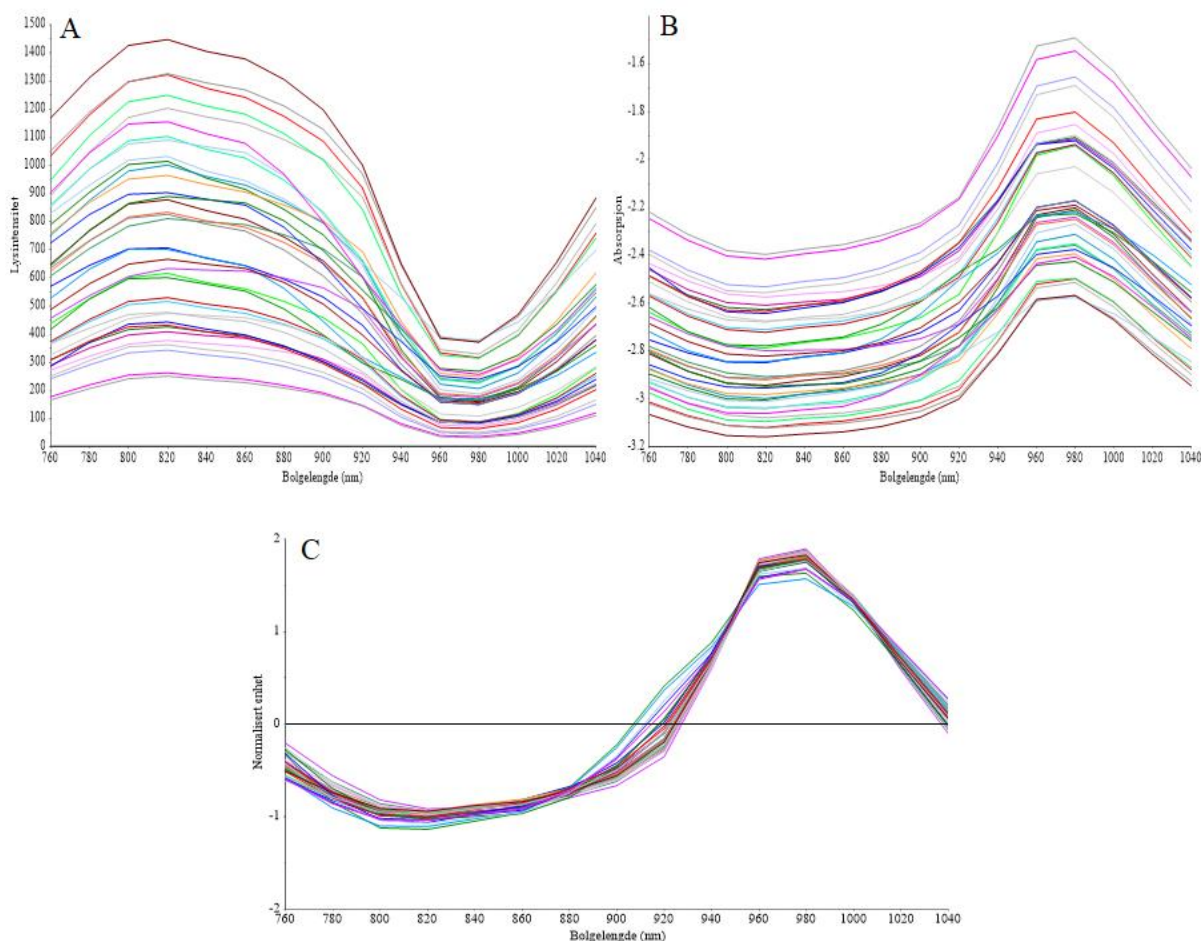
Tabell 2. Fettinnhold i kalvebrissel fra NMR-målinger. Gjennomsnitt av måling A og B.

Brisselnummer og klassifisering.

Brissel	Kategori	Fettinnhold ved måling A og B, %	
1	1	A = 13.96	B = 5.35
2	1	A = 11.53	B = 5.99
3	1	A = 11.22	B = 15.87
4	1	A = 14.00	B = 7.80
5	1	A = 11.31	B = 7.65
6	1	A = 5.51	B = 15.62
7	2	A = 11.52	B = 18.89
8	2	A = 5.43	B = 5.61
9	2	A = 15.17	B = 13.55
10	2	A = 13.10	B = 10.21
11	2	A = 27.99	B = 30.76
12	3	A = 17.99	B = 6.65
13	3	A = 14.60	B = 30.18
14	3	A = 16.70	B = 38.83
15	3	A = 16.98	B = 19.63
16	3	A = 27.00	B = 21.41
17	3	A = 24.59	B = 27.96
18	1	A = 14.98	
19	3	A = 20.72	B = 46.11

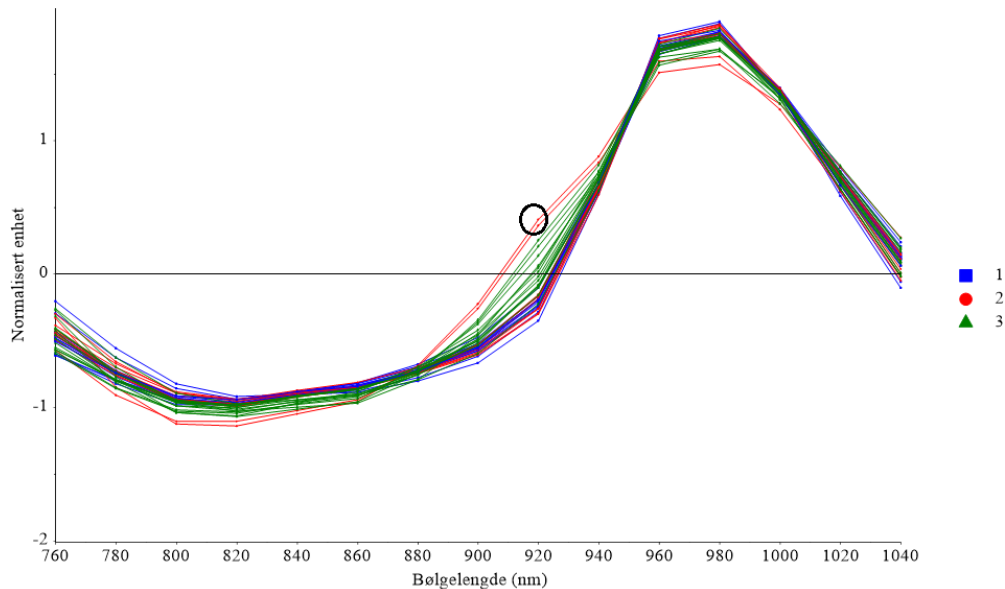
4.1.2 NIR spektroskopi

Figur 20 illustrerer spektra for refleksjon og absorpsjon. I tillegg viser figuren typiske spektra av preprosessering (SNV) av spektral data. Alle spektra er målt ved bølgelengdene 760-1040 nm.



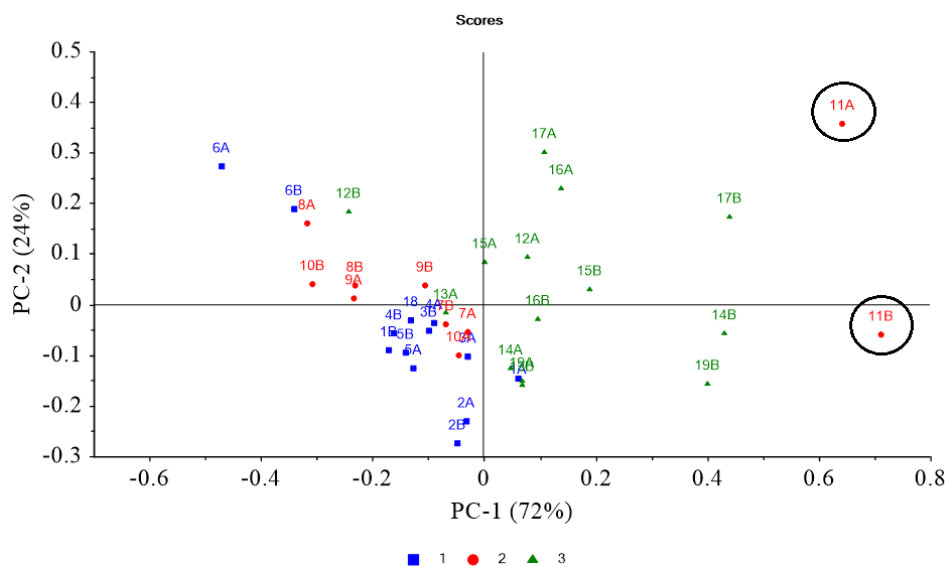
Figur 20. Ulike NIR spektre av kalvebrissel fra The Unscrambler. A: Refleksjonsspektra med lysintensitet mot bølgelengde. B: Absorpsjonsspekter med absorpsjon mot bølgelengde. C: SNV-preprosessert spektra med normalisert enhet mot bølgelengde. Alle ved bølgelengde 760-1040 nm.

Klassifiseringen av brislengrupperne, slik som det er illustrert i Figur 21. En brissel er tydelig blitt klassifisert dårlig. Veldig heterogen brissel 11, Figur 19, ligger sammen med brislengene i kategori 3, selv om den er klassifisert som kategori 2. På resterende brisler i kategori 1 og kategori 2 har disse gruppert seg med lavere intensitet ved 940 nm enn brislengene i kategori 3.



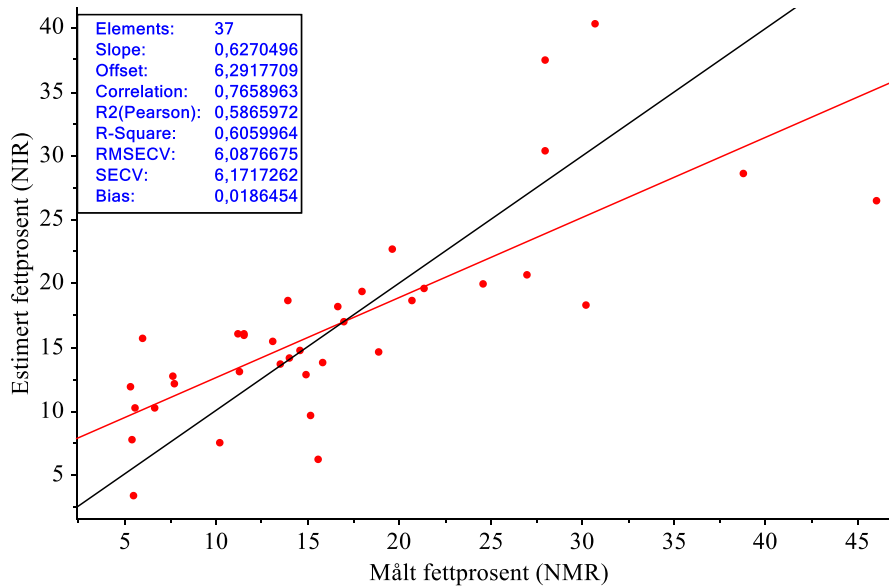
Figur 21. SNV-preprosessert NIR data ved 760-1040 nm. Klassifisert etter kategori 1 (blå firkant), 2 (rød runding) og 3 (grønn firkant). Linjeplott hvor brissel 11, markert øverst, er klassifisert som kategori 2, men ligger blant kategori 3.

PCA-plot av SNV-preprosessert NIR data er illustrert i Figur 22. Viser gruppering av de fleste brislene i kategori 1 og 2. Veldig heterogen brissel nummer 11 skiller seg ut som en uteligger ved å legge seg på motsatt side ved kategori 3.



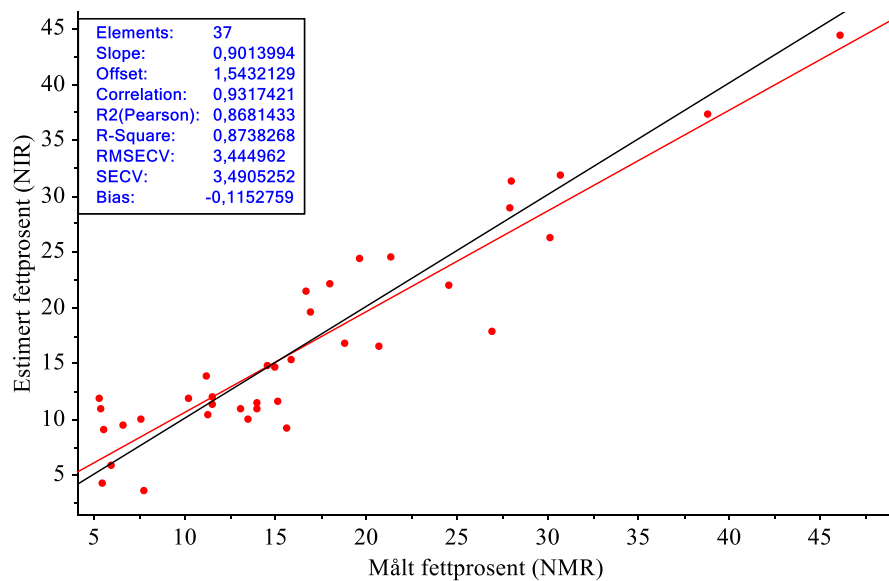
Figur 22. PCA av SNV-preprosessert NIR data ved 760-1040 nm med full kryssvalidering. Brissel 11 markert som uteligger. Klassifisert etter kategori 1 (blå firkant), 2 (rød runding) og 3 (grønn firkant).

PLSR i Figur 23 er modellert på SNV-preprosessert data med full kryssvalidering. Den har en korrelasjonskoeffisient på 0.61 og en RMSE på 6.09. Modellen baserer seg på 1 faktor.



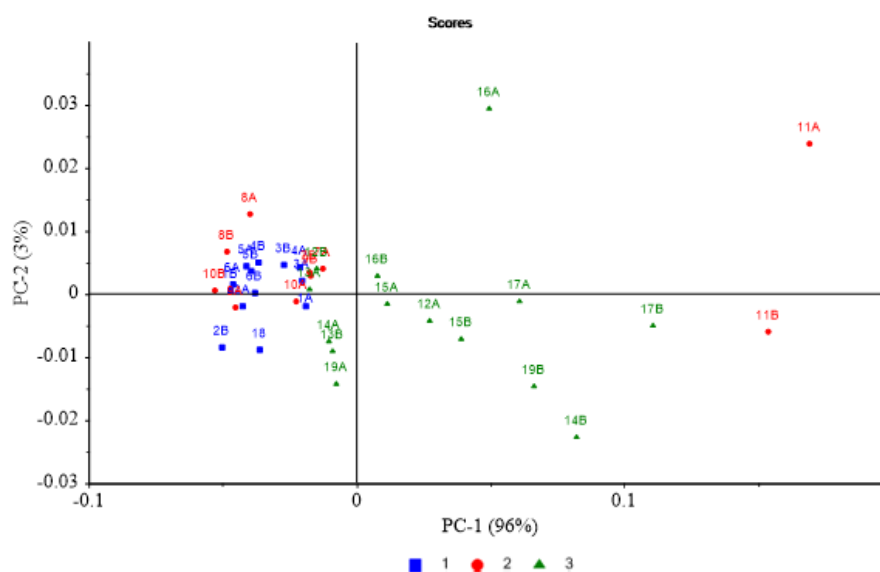
Figur 23. PLSR av SNV-preprosessert NIR data med full kryssvalidering. $R^2 = 0.61$, $RMSE = 6.09$.
Modellen baserer seg på 1 faktor.

PLSR i Figur 24 er modellert på EMSC-preprosessert data med full kryssvalidering. Den har en korrelasjonskoeffisient på 0.87 og en RMSE på 3.45. Modellen baserer seg på 7 faktorer.



Figur 24. PLSR av EMSC-preprosessert NIR data med full kryssvalidering. $R^2 = 0.87$, $RMSE = 3.45$.
Modellen baserer seg på 7 faktorer.

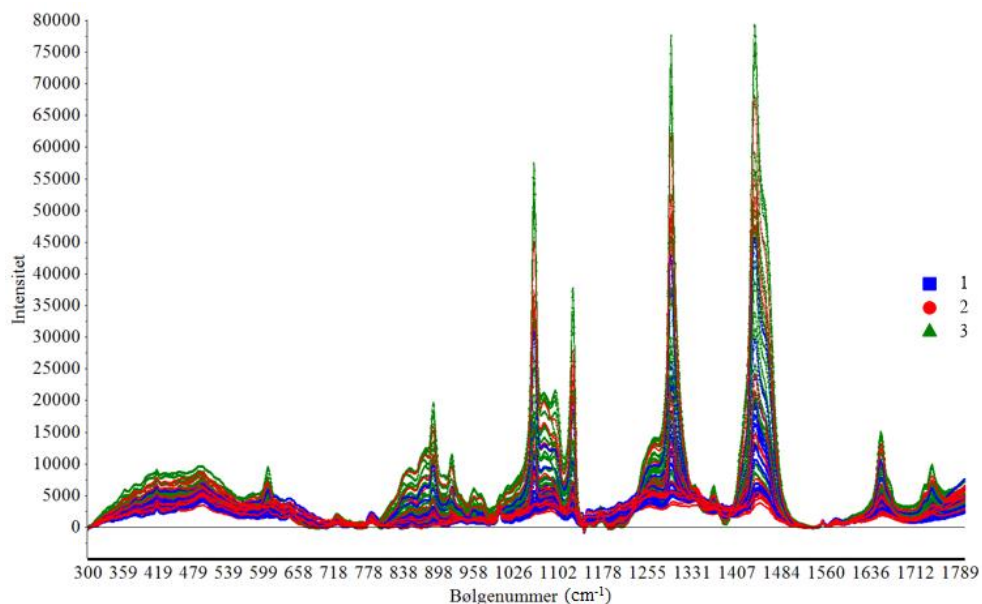
PCA av EMSC-preprosessert data med full kryssvalidering er illustrert i Figur 25. Det er tydelige grupperinger innenfor hver klassifisering, bortsett fra brissel nummer 11 som skiller seg ut.



Figur 25. PCA med full kryssvalidering av EMSC preprosessert data. Klassifisert etter kategori 1 (blå firkant), 2 (rød runding) og 3 (grønn trekant).

4.1.3 Raman-spektroskopi

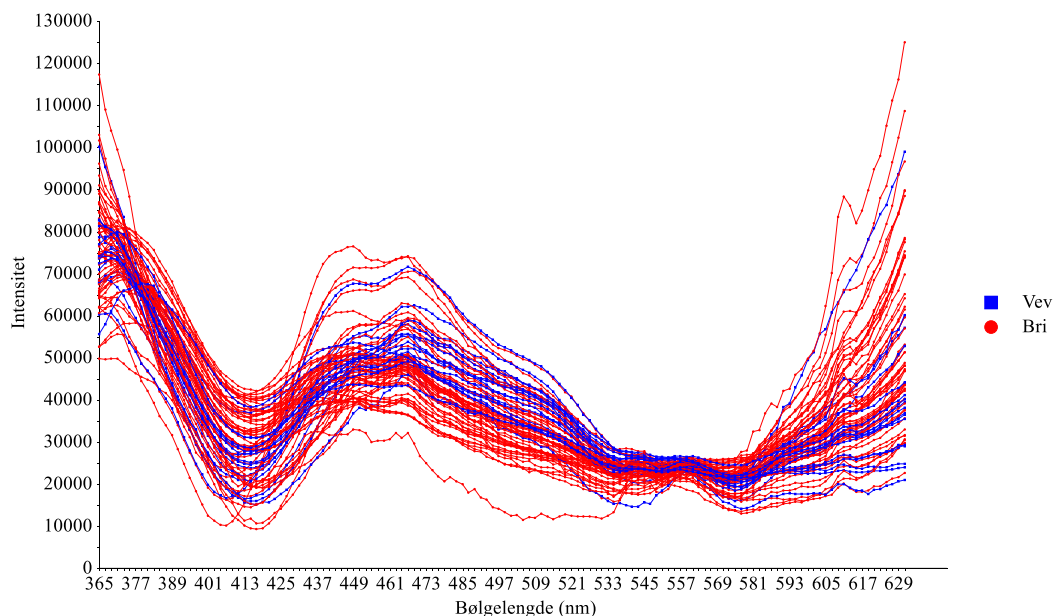
Alle resultater på Raman-data er basert på EMSC preprosessert data. Hvert spekter er et gjennomsnitt av målingene på hver prøvebit. I linjeplott med kategorisering av brissel mot vev overlappet disse kategoriene hverandre. PCA-plot med full kryssvalidering av Raman-spektra uten omgivende vevsprøver viste ingen tydelige grupperinger av de ulike kategoriene. Figur 26 viser linjeplott av Raman-spekter med måling på brissel. Spekteret er inndelt etter kategori 1, 2 og 3. Alle kategoriene ga topper på de samme områdene, men kategori 3 hadde litt høyere topper enn de andre kategoriene. Toppene kommer hovedsakelig fra fett.



Figur 26. EMSC preprosessert linjeplott av Raman-spekter. Kun målinger på brissel uten vev. Tatt gjennomsnitt av målingen per prøvebit. Klassifisert i kategori 1 (blå), 2 (rød) og 3 (grønn). Tydelig overlapp av spektrene.

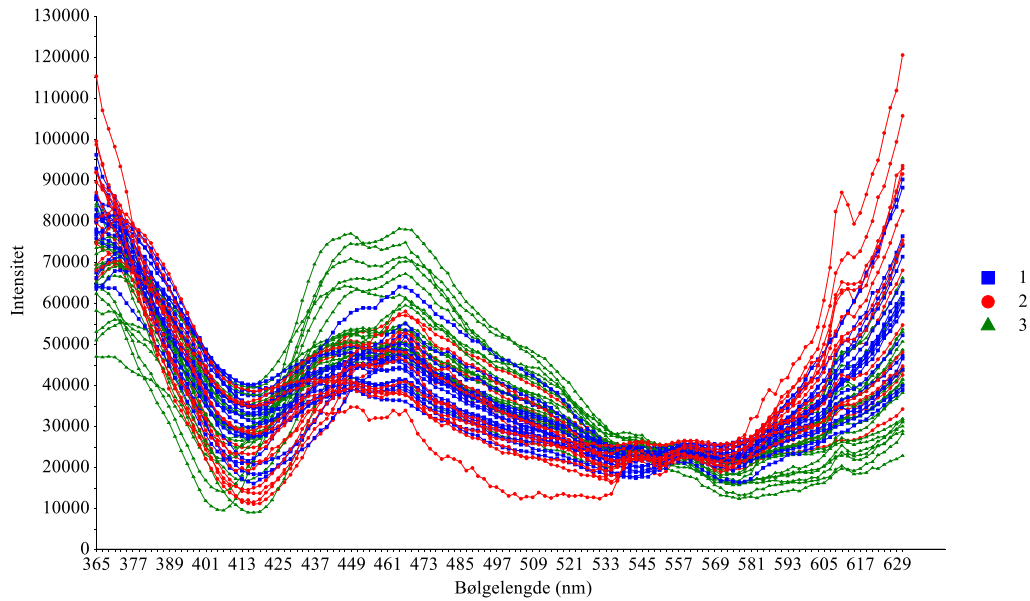
4.1.4 Fluorescens-spektroskopi

Figur 27 viser linjeplott av målinger utført på brissel og vevet rundt, klassifisert innen brissel eller vev. Plottet er MSC-preprosessert og viser at brisselprøvene og vevsprøvene overlapper hverandre.



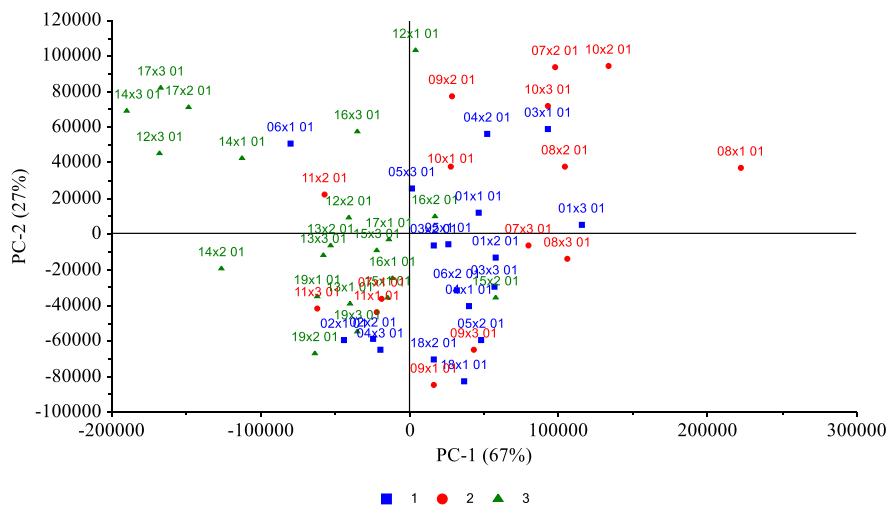
Figur 27. MSC preprosessert Fluorescens-data. Målinger av brissel og vev. Klassifisert i vev (blå) og brissel (rød).

Linjeplottet i Figur 28 er av målinger utført på brisselvev som er klassifisert innenfor kategori 1, 2 og 3. Plottet er MSC-preprosessert og viser at de ulike klassifiseringene overlapper en del, men at kategori 3 skiller seg litt ut.



Figur 28. MSC preprosessert Fluorescens-data. Målinger uten vevsprøver. Klassifisert som kategori 1 (blå), 2 (rød) og 3 (grønn).

Det er liten grad av gruppering av kategoriene i Figur 29. Her er PCA med full kryssvalidering på MSC-preprosessert data illustrert. PCA-plottet har ingen tydelige grupperinger av de ulike kategoriene.



Figur 29. PCA med full kryssvalidering av MSC-preprosessert Fluorescens-data. Klassifisert i kategori 1 (blå firkant), 2 (rød runding) og 3 (grønn trekant).

4.2 Hovedforsøk

4.2.1 Klassifisering og NMR

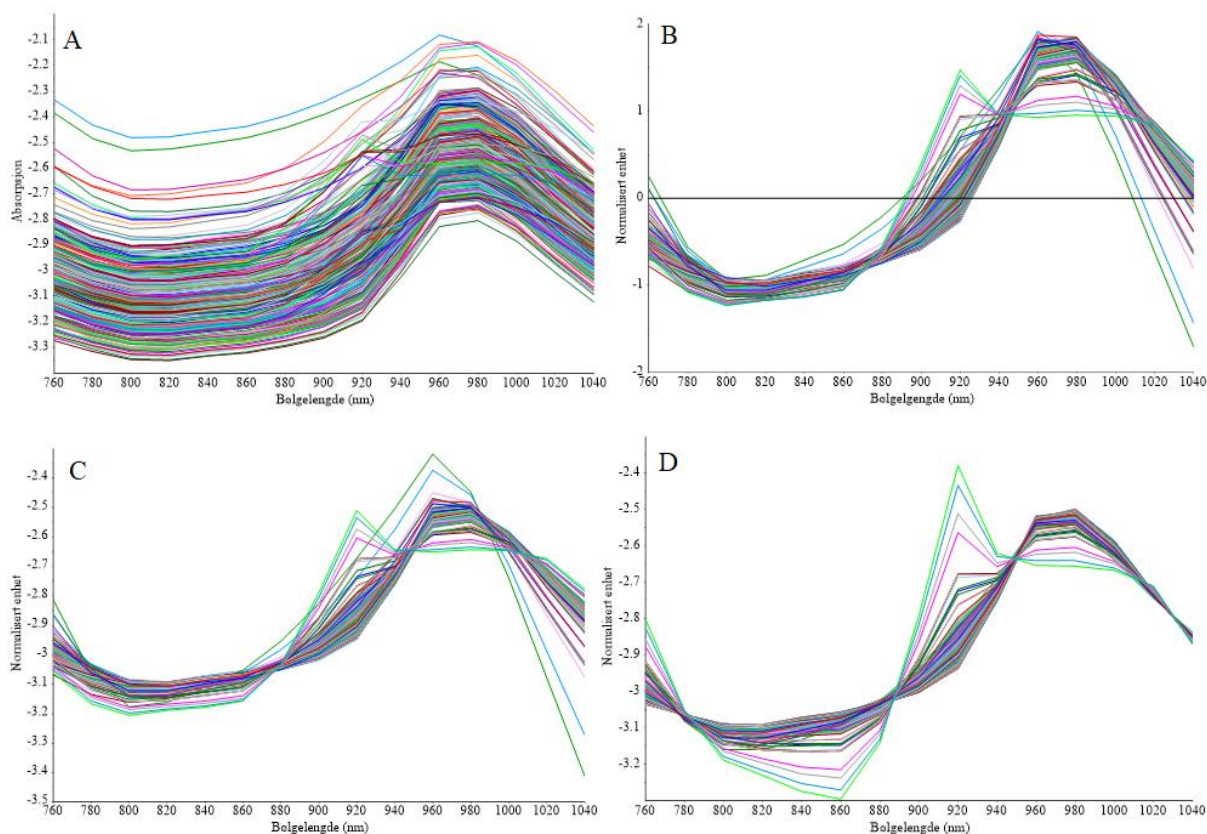
Verdiene i Tabell 3 er hentet fra Vedlegg D. Tabellen viser klassifisering og fettinnhold hos hver brissel. Resultatene viser liten variasjon i fettinnhold mellom prøve A og B. De fleste brislene innenfor en kategori har omtrentlig samme fettprosent. Noen av brislene, for eksempel 15, 19, 30 og 31 skiller seg ut fra sin kategori med enten mye høyere eller mye lavere fettprosent.

Tabell 3. Fettinnhold i kalvebrissel fra NMR-målinger. Gjennomsnitt av måling A og B. Brisselnummer og klassifisering.

Brissel	Kategori	Fettinnhold ved måling A og B, %		Brissel	Kategori	Fettinnhold ved måling A og B, %	
1	1	A = 4.78	B = 5.64	20	2-3	A = 26.98	B = 9.90
2	1	A = 3.46	B = 3.41	21	2-3	A = 4.90	
3	1	A = 3.18	B = 5.10	22	2-3	A = 16.87	
4	1	A = 7.22	B = 6.46	23	3	A = 16.30	B = 21.03
5	1	A = 3.65	B = 4.80	24	3	A = 20.91	B = 29.63
6	1	A = 5.00	B = 4.13	25	3	A = 16.81	
7	1	A = 5.22		26	3	A = 13.47	
8	1	A = 5.87	B = 3.93	27	3	A = 27.39	B = 31.88
9	1	A = 4.01	B = 3.46	28	3	A = 10.07	B = 19.05
10	1-2	A = 7.89	B = 6.29	29	3	A = 21.87	B = 7.44
11	1-2	A = 6.52	B = 5.50	30	3	A = 6.43	B = 8.55
12	1-2	A = 3.69		31	3	A = 8.13	B = 15.11
13	1-2	A = 5.30	B = 7.55	32	3	A = 15.44	B = 27.67
14	2-3	A = 6.04	B = 3.34	33	3	A = 22.84	B = 17.85
15	2-3	A = 24.50	B = 32.37	34	3	A = 37.23	B = 24.06
16	2-3	A = 12.64	B = 11.76	35	3	A = 34.80	B = 15.27
17	2-3	A = 14.89	B = 15.20	36	3	A = 22.95	B = 14.98
18	2-3	A = 12.18	B = 15.66	37	3	A = 18.25	B = 25.92
19	2-3	A = 6.70	B = 5.54	38	3	A = 49.48	B = 65.27

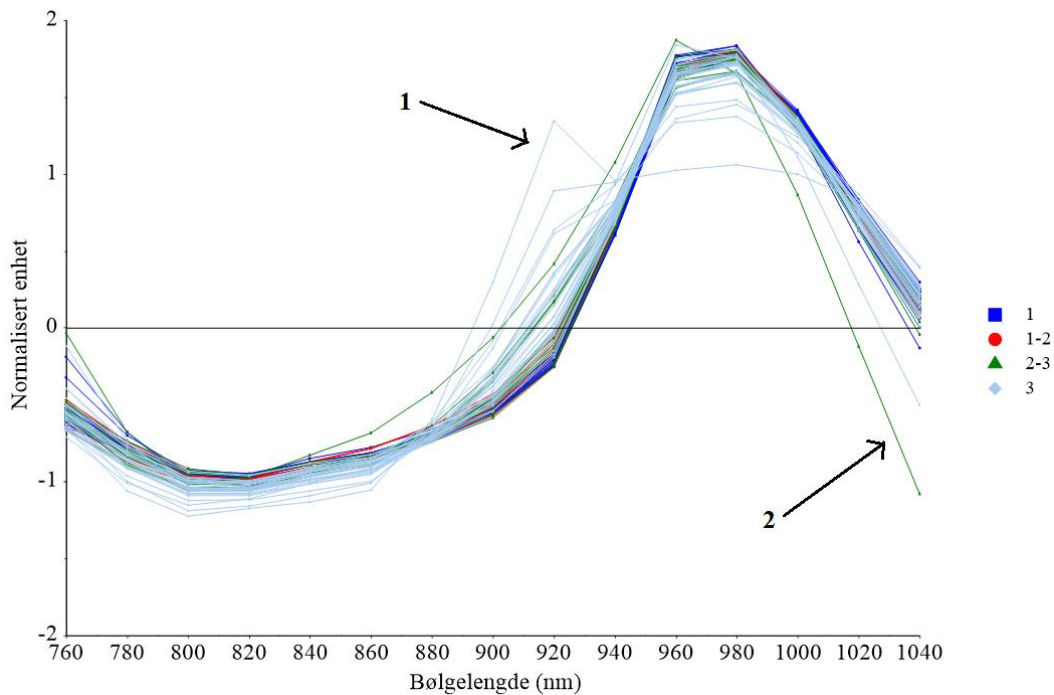
4.2.2 NIR spektroskopi/Dataanalyse

Effekten av preprosessering er vist i Figur 30. Figuren viser absorpsjonsspekter, SNV, MSC, og EMSC preprosesserte spektr. Absorpsjonsspekter, MSC- og EMSC-preprosessering ga regresjonsmodeller med dårligere samsvar enn SNV-preprosessering. Videre resultater baserer seg dermed på SNV-preprosessering av spektrene.



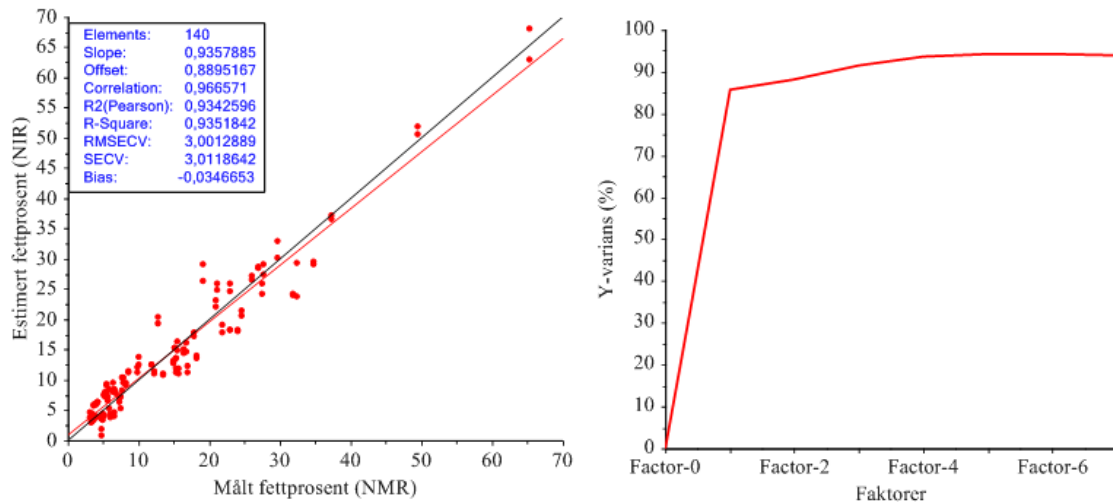
Figur 30. Viser effekten av preprosessering av NIR spekter av hel brissel. Absorpsjonsspekter (A), SNV preprosessering (B), MSC preprosessering (C) og EMSC preprosessering (D).

Linjeplott med klassifisering innenfor de ulike kategoriene er vist i Figur 31. Spekteret viser høyere topper rundt 920-930 nm for kategori 3 enn for resterende kategorier. Rundt 960-1000 nm er toppene høyest for kategori 1-2. Spekteret viser to prøver som skiller seg ut. Pil nummer 1 var brissel 38 som var svært fet med fettprosent på 50-65 %. Pil nummer 2 var brissel 15 som var veldig blodig. Spekteret for sistnevnte formet seg litt annerledes enn de andre spektrene.



Figur 31. Linjeplott av SNV preprosessert NIR spekter av hel brissel. Hvert spekter er et gjennomsnitt av de 4 målingene på område A eller B. 1 = veldig fet brissel nummer 38. 2 = Veldig blodig brissel nummer 15. Kategorisert som 1 (mørk blå firkant), 1-2 (rød runding), 2-3 (grønn trekant) og 3 (lys blå rombe).

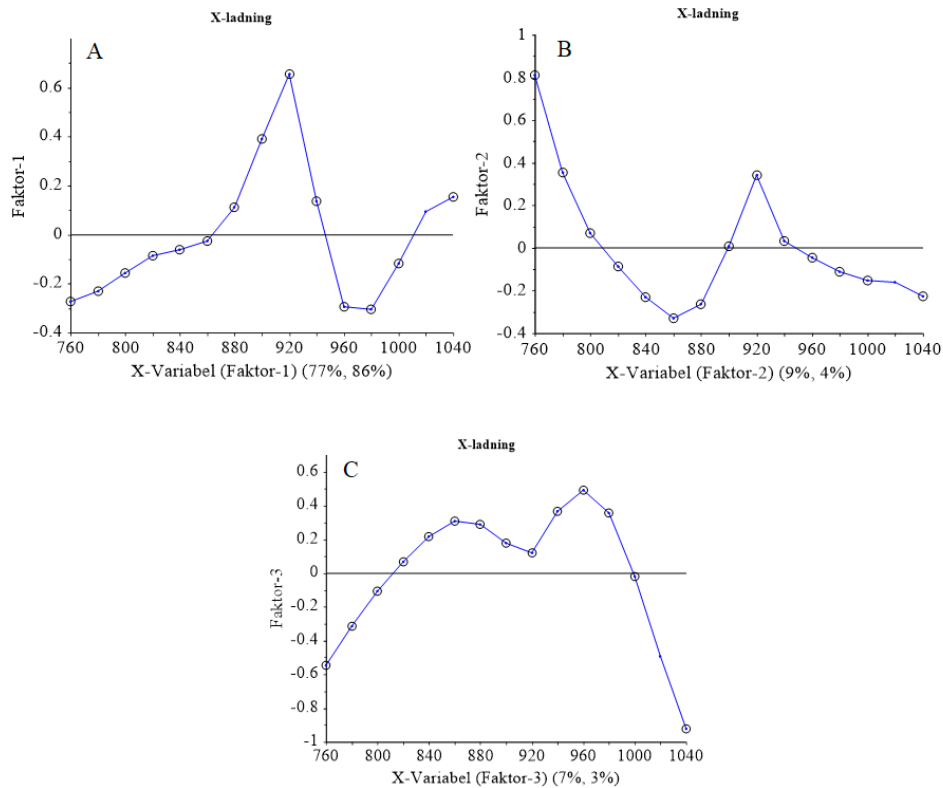
Figur 32 viser regresjonsanalyse med full kryssvalidering av homogenisert prøve uten å ta gjennomsnitt av to målinger. Korrelasjonskoeffisienten er 0.935 og RMSE er 3.00. Systematisk kryssvalidert regresjonsanalyse som ble gjennomført uten gjennomsnittet av målingene på hver prøvebit ga nesten identisk R^2 og RMSE på 0.922 og 3.31.



Figur 32. Venstre: PLSR med full kryssvalidering av homogenisert prøve. Uten gjennomsnitt av de to målingene som ble gjennomført på samme prøve A eller B. Modellen baserer seg på 4 faktorer. $R^2 = 0.935$, $RMSE = 3.00$.

Høyre: forklart varians for de ulike faktorene.

Ladninger for de tre første faktorene til regresjonsmodellen i Figur 32 er illustrert i Figur 33. A viser tydelig topp ved 930 nm og dump ved 960-980 nm. B viser kurve med dump ved 860 nm og topp ved 920 nm. C viser dump ved 930 nm og topp ved 980 nm. Ladningene illustrerer mest sannsynlig fett og vann (A), blod (B) og vann (C).



Figur 33. Tre ulike ladninger av faktorene til regresjonsmodell for homogenisert brissel. A: Tydelig topp ved 930 nm og dump ved 960-980 nm. Faktoren forklarer 86 % av variasjonen. B: Kurve med dump ved 860 nm og topp ved 920 nm.. Faktoren forklarer 4 % av variasjonen. C: Spekter med dump ved 930 nm og topp ved 980 nm. Faktoren forklarer 3 % av variasjonen.

Tabell 4 oppsummerer regresjonsmodellene til både hel og homogenisert brissel. Tabellen viser type kryssvalidering, antall faktorer, korrelasjonskoeffisienten og prediksjonsfeilen. I følge tabellen baserer de fleste modellene seg på én faktor, lik som faktor A i Figur 33, altså fett. Tabellen viser at modellene for homogeniserte prøver er litt bedre enn for hel brissel. Regresjonsmodellene for hel brissel varierte med kryssvalidering og antall målinger. Modellen for hel brissel som ble kryssvalidert ved å systematisk ta ut både måling A og B i valideringen hadde en $R^2 = 0.912$ og $RMSE = 3.79$. Denne modellen var omtrent lik som ved å ta gjennomsnitt av de fire målingene i område A eller B. Modellene for hel brissel og gjennomsnitt av 2 eller 4 målinger var tilnærmet like. For homogenisert brissel med full

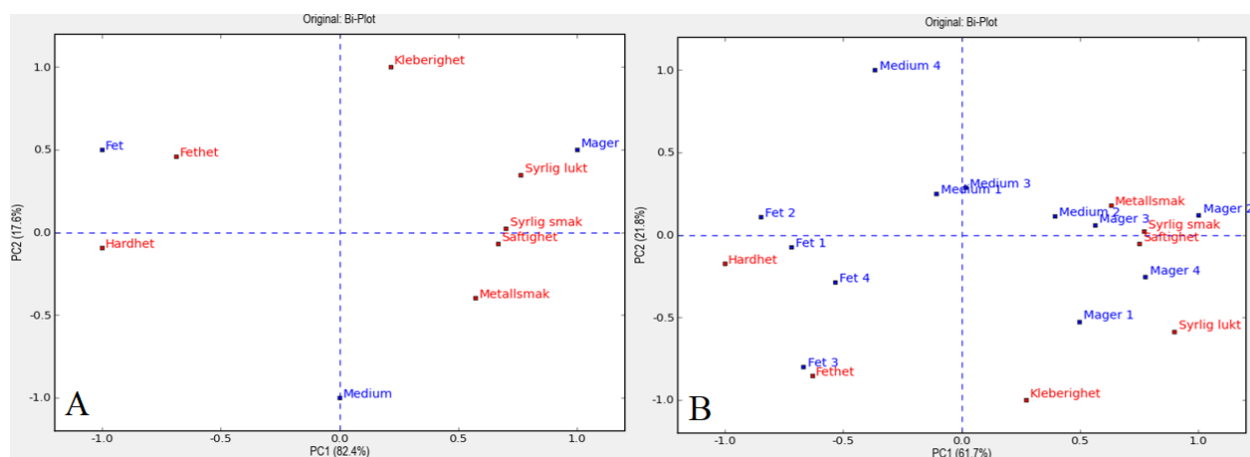
kryssvalidering og enkeltmålinger hadde modellen en $R^2 = 0.935$ og $RMSE = 3.00$. Samme modell, men uten uteliggere (brissel 15 og 38) hadde følgende verdier: $R^2 = 0.909$ og $RMSE = 2.67$.

Tabell 4. Oppsummert antall faktorer, R^2 og $RMSE$ for ulike datasett med SNV preprosessering og ulik validering.

Datasett	Kryssvalidering	Faktorer	R^2	$RMSE$
Hel brissel, enkeltmålinger	Systematisk tatt ut alle målinger fra A eller B	1	0.862	4.41
Hel brissel, enkeltmålinger	Systematisk tatt ut alle målinger fra A og B	1	0.912	3.79
Hel brissel, enkeltmålinger	Full	1	0.868	4.29
Hel brissel, enkeltmålinger, uten 15 og 38	Full	3	0.806	3.94
Hel brissel, gjennomsnitt av 2 målinger	Full	1	0.876	4.15
Hel brissel, gjennomsnitt av 4 målinger	Full	1	0.899	3.77
Homogenisert brissel, enkeltmålinger	Full	4	0.935	3.00
Homogenisert brissel, enkeltmålinger	Systematisk tatt ut alle målinger A eller B	4	0.922	3.31
Homogenisert brissel, gjennomsnitt av 2 målinger	Full	1	0.923	3.28
Homogenisert brissel, gjennom snitt av 2 målinger, uten 15 og 38	Full	4	0.909	2.67

4.2.2 Sensorisk analyse

Figur 34 viser to PCA Bi-Plots modellert i PanelCheck. Det er tydelige forskjeller mellom fet og mager brissel, mens medium brissel legger seg midt mellom. Fet brissel grupperer seg rundt fethet og hardhet. Mager brissel grupperer seg rundt syrlig lukt og smak, saftighet og metallsmak. Figuren viser også at de fete gjentakene grupperer seg rundt hverandre. Det samme gjør de magre brislene. Brislene med medium fettprosent har litt større spredning enn mager og fet brissel.



Figur 34. PCA Bi-Plot av ulike sensoriske egenskaper versus fet, medium og mager brissel.

Gjennomsnitt av kategoriene (A) og for hvert enkelt gjentak (B). Plottene viser tydelige forskjeller mellom fet og mager brissel (Plots: Kristine S. Myhrer).

Resultatene fra Tabell 5 er hentet fra Vedlegg E som baserer seg på Vedlegg F og G. Kategoriene med lik bokstav er like hverandre. Medium brislene med både bokstav A og B har en intensitetsverdi på egenskapen som ligger midt mellom fet og mager brissel. På de egenskapene hvor p-verdien er lavere enn 0.05 er det signifikant forskjell mellom to prøver med ulik bokstav. Resultatene viser at den magre brisselen både har mer syrlig lukt og syrlig smak. Den syrlige lukten og smaken avtar med mengde fett i brisselen. Metallsmaken er mest fremtredende hos mager og medium brissel. Hardhet, fethet og fettsmak er mest intens hos fet brissel. Saftighet, mørhet og ettersmak synker respektivt med økning i fettinnhold. Kornetheten i brislene er ikke signifikant ulik, men viser en liten økning ettersom fettinnholdet øker.

Tabell 5. Tukey og ANOVA et utdrag av egenskapene som ble målt ved sensorisk analyse. Signifikante forskjeller mellom brislene ved nesten alle egenskapene. Egenskaper som ikke er signifikant ulike er markert med stjerne (*). Høyere verdi vil si at egenskapen er mer fremtredende.

Egenskap	Mager	Medium	Fet	p-verdi
<i>Syrlig lukt</i>	3.66 A	2.87 AB	2.63 B	0.012
<i>Syrlig smak</i>	3.56 A	3.07 AB	2.62 B	0.027
<i>Metallsmak</i>	5.83 A	5.77 A	5.06 B	0.018
<i>Hardhet</i>	3.33 B	4.08 A	4.68 A	0.001
<i>Fethet</i>	5.84 B	5.93 B	6.77 A	0.011
<i>Saftighet</i>	5.43 A	5.03 AB	4.53 B	0.02
<i>Fettsmak*</i>	4.72 A	5.02 A	5.47 A	0.133
<i>Mørhet*</i>	6.22 A	5.65 A	5.57 A	0.079
<i>Kornethet*</i>	4.02 A	4.18 A	4.42 A	0.498

Det ble tiltenkt at de magrere brislene ville være gode til både kalde og varme retter. De mer fete brislene hadde en mer uønsket smak og konsistens hvis de ble servert kalde. Det ble opplevd som mer gunstig å steke de fetere brislene og servere dem varme. Da de var varme smeltet fettene som førte til at brisselen ble oppfattet mykere og mindre fettholdig.

5 Diskusjon

5.1 Raman- og Fluorescens-spektroskopi

Raman-spektra inneholder informasjon om fettsammensetning. For eksempel gir mettet og umettet fett ulike spektrere (Berhe et al., 2016). Fett-toppene med ulik intensitet på Raman-spektrere kan tyde på at det ikke er noe forskjell i fettsyresammensetningen i de brislene, siden alle spektrere hadde de samme toppene. Forskjellen mellom brislene er dermed hovedsakelig basert på forskjellen i mengde fett. Det at PCA-plot av Raman-spektrere med klassifisering innenfor kategorier ikke ga noen grupperinger, kan komme av at Raman-spektroskopi måler for snevert. Når det måles på et svært lite område som 6 mm er det mulig at det er blitt målt for spesifikt, og at målingene ikke er representative. Det er mulig at målinger på samme brissel kan både ha blitt gjort der det kun er fettvev i brisselen, eller der det en brisselvev. Dette vil gi forskjellige spektrere, selv om det målingene er gjort på samme prøve. Ulike spektrere vil føre til lite sammenheng mellom målingene. Da Raman-spektroskopi ikke ga noen form for sammenheng mellom målingene på samme prøve, ansees denne metoden som uegnet for måling på brissel.

Resultatene for Fluorescens-spektroskopi peker i samme retning som resultatene fra Raman. Det var ingen tydelige grupperinger av kategoriene og til en viss grad overlapp av spektrere. Overlapp av spektrere kan være en årsak av at Fluorescens-spektrometre er svært sensitive og kan måle svært små konsentrasjoner av spesifikke komponenter (Ramanujam, 2000). At Fluorescens-spektroskopi kan måle så spesifikt kan være årsaken til at spektrere har overlappet. Spektrere av veldig spesifikke komponenter kan føre til at det ikke er mulig å se en helhet av de komponentene det er mest av. Da Fluorescens-spektrere heller ikke ga noe sammenheng mellom målingene på samme prøve, ansees ikke denne metoden som egnet for måling på brissel.

5.2 NIR spektroskopi, NMR og dataanalyse

Resultatene fra både innledende forsøk og hovedforsøk er diskutert her. Undersøkelse av SNV-spektrere fra NIR viser at toppene på spektrere er nær identiske som toppene illustrert i delkapittel 2.2.1 (Figur 4). Det vil si at toppene på spektrere for brissel viste enten høyt eller lavt innhold av fett og vann. Ved å sammenligne resultatene fra NIR og klassifiseringen ser det

ut til at klassifiseringen har en sammenheng med mengde fett i brislene. Hvor dårligere klassifisering har høyere fettinnhold. Dermed tilsier høyt fettinnhold dårligere kvalitet på brisselen. Allikevel viser denne metoden at til og med en faglært kokk med godt kjennskap til brissel kan ha vanskeligheter med å skille de fine brislene fra de dårligere. Dette skyldes hovedsakelig at brislene kan ha en tendens til å være svært heterogene innvendig, men se fine ut på overflaten. Det kan gjøre det svært vanskelig å bestemme hvordan kvaliteten på brisselen er med det blotte øyet. utfordringer med å klassifisere brislene kan sees ved at brisler både ble klassifisert som bedre og dårligere kategori enn det NIR-spektrene viste de var. Hvis brisselen blir klassifisert dårligere enn den er, kan det potensielt føre til en dårligere pris eller at den ikke blir benyttet.

Ved å sammenligne regresjonsmodellene fra innledende forsøk og hovedforsøk er det en tydelig forbedring ved prøveuttak i hovedforsøket. I innledende forsøk var prøveuttaket til NMR langt mer enn 1 ½ centimeter ned i brisselen. I tillegg ble kun et smalt område stanset ut. Dette kan ha gitt en lite representativ prøve, slik at NMR og NIR-målingene ikke samsvarte godt. Det er mulig at brisselen hadde en annerledes sammensetning 2-3 cm inn i brisselen sammenlignet med 1-2 cm inni. Ved endringer av prøveuttaket i hovedforsøket, var prøveuttaket mer representativt. Det var mulig å se dette i regresjonsanalysen, hvor den hadde en høyere korrelasjonskoeffisient og lavere RMSE. Dette illustrerer godt hvor viktig betydningen av prøveuttak er for å oppnå godt samsvar mellom spektroskopiske metode og referansemetode.

Betydningen av ulik preprosesseringen av data er illustrert godt i regresjonsanalysene til NIR-spektrene i innledende forsøk. Ved SNV preprosessert datasett i innledende forsøk viste regresjonsmodellen lite samsvar mellom NIR spektrene og referansemålingene fra NMR. Dette er mest sannsynlig et resultat av dårlig prøveuttak. At EMSC preprosessering av samme data ga en modell med mye bedre samsvar mellom NMR og NIR, kommer mest sannsynlig av at modellen har fjernet store andeler variasjon eller overoptimert modellen. At en modell er overoptimert vil si at den er overtilpasset og ikke nødvendigvis en god modell (Bro, 1996).

For å vurdere regresjonsmodellene er det viktig å fokusere på R^2 og RMSE. Modeller med høy R^2 og lav RMSE vil ha høyest samsvar, lavest prediksjonsfeil og være best. Det vil si at den kryssvaliderte modellen hvor det ble systematisk tatt ut både måling A og B for hel brissel var

en av de bedre modellene. Dette fordi R^2 og RMSE-verdiene var gode. Denne form for modellering ga en modell som var omtrent like god som den fullvaliderte modellen laget på gjennomsnittet av område A eller B på hel brissel. Ved å sammenligne regresjonsmodellene for homogenisert prøve og hel brissel, var det ikke altfor store forskjeller. Dette tyder på at prøveuttaket på brislene var godt gjennomført. Allikevel var modellene for homogeniserte brisler best. Dette er på grunn av en mer representativ måling hos de homogeniserte prøvene. På den måten vil det ha bedre samsvar med NMR-målingene, noe som videre vil føre til en bedre utformet regresjonsmodell. At modellene til homogenisert brissel for én måling eller gjennomsnittet av begge målingene var nesten identiske, kommer av at prøvene var homogene og nesten like.

For NIR målinger på hel brissel var det liten variasjon i regresjonsmodellene for brissel som hadde gjennomsnitt av to og fire målinger. Selv om gjennomsnittet av fire målinger ga en litt bedre modell, viser dette at det muligens ikke er nødvendig med så mye som fire målinger på brisselen for å få et godt samsvar i modellen. Det var derimot større forskjeller mellom regresjonsmodellene på gjennomsnittsmålingene, og der hvor det kun var gjennomført én måling på brisselen. Grunnen til at gjennomsnittsmålingene ga bedre samsvar enn enkeltmålingene, kommer av at gjennomsnittsmålingene fikk en mer representativ måling mot NMR-målingene. I modellene hvor det ble fjernet uteliggere fikk modellene en mindre prediksjonsfeil og en lavere korrelasjonskoeffisient. Lavere R^2 kan være på grunn av mindre spenn i modellen, slik at modellen blir mindre. Modellen mister da variasjon i datasettet som kan være vesentlig ved modelleringen. RMSE er sensitiv for uteliggere i modellen og uteliggere bør ved noen tilfeller fjernes før RMSE blir regnet ut (Chai & Draxler, 2014). Dette er mest sannsynlig årsaken til at RMSE-verdien ble redusert når uteliggerne ble tatt vekk fra datasettet.

Det er tidligere nevnt at blodet kan ha en påvirkning på spektrene. Som vist i resultatene var det en svært blodig prøve som hadde et litt annerledes spekter. Ladningene til regresjonsmodellene forteller noe om hvilke faktorer som påvirker modellen. De ulike ladningene av faktorene til regresjonsmodellene kommer mest sannsynlig fra fett og vann (A), blod (B) og vann (C). Dette er mulig fordi ladning A har en tydelig fett-topp ved 930 nm og en tydelig «dump» ved 960-980 nm, der hvor vann har en topp. I kjøtt vil det være mye vann tilstede når det er lite fett, og omvendt (Barton-Gade, 1987). I følge teorien gir det mening at

en høy fett-topp gir en lav vann-topp på samme spekter. Ladning C har en liten «dump» ved 930 og tydelig topp ved 960-980, altså motsatt av fett. Denne ladningen er dermed for vann. Ladning B ligner på spekteret for oksygenfattig hemoglobin (se delkapittel 2.2.1). Fordi flere av brislene var litt blodige kan dette være en forklaring. Allikevel har denne ladningen en liten topp ved cirka 925 nm. Dette kan være på grunn av at ladningen til fettene forklarer så mye av forskjellene i brislene.

En mulig feilkilde i forsøket er temperaturen i NMR-apparatet. Denne ble satt til 40 °C for at fettene skulle være flytende ved målingene. Det ble senere funnet ut at 30-35 % av fettene i brisselen hadde et smeltepunkt på 63-69 °C. Med andre ord var ikke alt fettene smeltet under fettanalysemålingene. Ved NMR ble det benyttet en våtmetode som er svært sensitiv. Ved våtmetoden begynner selve målingen etter 10 millisekunder, sammenlignet med tørkemethoden som begynner måling etter 0.3 millisekunder. Når fettene er i fast form, vil det være et kort T_2 -signal som ofte kommer tidligere, enn når fettene er smeltet. Hvis signalet fra fast fett kommer før 10 millisekunder, vil det dermed ikke detekteres av NMR-instrumentet (Oxford-Instruments, u.å.; Sørland, 2018). Det er dermed mulig at fettprosenten i brisselen er litt høyere enn det som er blitt estimert med NMR.

En annen potensiell feilkilde er temperaturen som ble brukt ved målingene. NIR spektroskopi er sensitiv for temperaturendringer, hvor spektrene kan bli annerledes hvis temperaturen endrer seg. Temperaturendringer vil kunne føre til feil prediksjon av konsentrasjonen til en substans (Shah et al., 2016). Brislene hadde en temperatur på omtrent 27-29 °C ved slakteuttak, men ble målt ved omtrent 5 °C under forsøket. Dette har ført til et annet resultat enn hvis brislene ble målt etter oppvarming til 27-29 °C.

5.3 Sensorisk analyse

De ulike kategoriene grupperte seg i PCA-plottene og viser godt samsvar innad i de ulike kategoriene, på tross av at mager og medium brissel lå veldig nær hverandre på noen av prøvene. PCA-plottene viser at det er sensorisk mulig å skille mellom brisler med ulikt fettinnhold. De fetere brislene grupperte seg rundt egenskapene «fethet» og «hardhet». I følge Myhrer (2018) er disse egenskapene ansett som negative i kjøttprodukter. Dette viser at det vil kunne være mulig å skille brisler med positive og negative egenskaper fra hverandre.

Selv om brislene kan ha hatt et litt høyere fettinnhold enn det NMR-instrumentet målte, har ikke dette påvirket den sensoriske analysen. Det ser ut til at økning eller minskning i intensiteten på egenskapene, henger sammen med forskjeller i mengde fett i brislene. Dette gir mening fordi brisselvevet med tiden erstattes av fettvev, og brissel fra yngre kalver er ansett som best. Det var tydelig å se at for eksempel hardheten i brislene økte sammen med økning av fett. Årsaken til at brislene med høyere fettinnhold opplevdes som hardere kan være på grunn av smeltepunktet og egenskapene til fettsyrene i brislene. Når større andeler av fett smelter ved 63-69 °C, vil disse fettsyrene oppfattes sensorisk som harde ved romtemperatur. Dette fett kan også være årsaken til at brislene følte mer kornete, jo mer fett det var i dem. Selv om p-verdien for kornethet ikke var signifikant ulik mellom brislene.

Den syrlige smaken og lukta er positivt koblet med friskhet og blir som oftest oppfattet som positive egenskaper av forbrukere. Selv om metallsmak ikke nødvendigvis er en positiv egenskap, er den koblet til kjøttsmak og forventet å være mindre fremtredende i fetere produkter (Myhrer, 2018). At syrligheten var mest intens hos de magreste brislene viser da at disse er friskere på smak enn de fetere brislene. Metallsmaken var mest fremtredende på de magre brislene. De magre har derfor mer kjøttsmak enn de fetere brislene, selv om intensiteten ikke varierte veldig mye mellom kategoriene.

5.4 Vurdering av praktisk anvendelse

Som tidligere nevnt anses dyret som en kalv opp til 10 måneder og er en ung okse fra 10-24 måneder. Kalvebrislene som kom fra Nortura, var fra «kalv» på 16-18 måneder. Disse er med andre ord egentlig ikke klassifisert som en kalv, men en ung okse. Alderen på dyret er det eneste Nortura går ut ifra når brisselen skal tas ut. Her benytter de seg av unge okser. Det vil med andre ord være enda vanskeligere å fastsette om kvaliteten er god, siden dyret er eldre. Av den grunn vil en praktisk anvendelse for kvalitetsmåling av brissel være ideelt sammen med bruk av et håndholdt NIR instrument. Spesielt på grunn av at de magrere brislene ble ansett som mest appetittlige ved den sensoriske analysen.

Håndholdte NIR instrumenter på markedet er gode og stadig i utvikling. Nyere forskning på håndholdte NIR instrumenter viser at de er ergonomiske, små i størrelsen, kostnadseffektive og ikke destruktive. De kan i tillegg måle enkelt, raskt og nøyaktig. De kan implementeres direkte inn i en industriell setting (Crocombe, 2004; Zamora-Rojas et al., 2012). Forskning

viser at ved kalibrering av modeller er presisjonen og nøyaktigheten til håndholdte NIR instrumenter lik som ved stasjonære instrumenter (Roza-Delgado et al., 2017). Ved anvendelse må det vurderes hvor mange målinger som må til per område. Det vil muligens holde med én måling. Dette begrunnes med at det ikke var altfor stor forskjell mellom regresjonslinjene for kun én måling og gjennomsnitt på to og fire målinger. Samtidig bør det vurderes å gjøre en måling på to ulike lokasjoner på brisselen, siden den kan være svært heterogen.

Ved bruk av håndholdt NIR instrument ved slakt vil de som jobber på slakteriet kunne bestemme ved en enkel måling om brisselen skal brukes, eller ikke. De kan kategorisere brislene og deres bruksområder. I tillegg kan de velge vekk ekstremt fete brisler som kan være vanskelige å benytte. Ved å se på regresjonsanalysene viser de at forskjellen mellom en, to og fire NIR målinger på et område ikke er så stor. For å få riktig fettprosent ved bruk av håndholdt NIR instrumentet, burde det dermed holde med å bruke en eller to målinger på ett område. Fordi målingene med instrumentet er svært raske (omtrent ett sekund), vil ikke dette påvirke prosesslinjen mye.

6 Konklusjon

Det kan konkluderes med at bruk av spektroskopiske målemetoder på kalvebrissel kan være egnet for å måle sensorisk kvalitet på kalvebrissel koblet opp mot kjemisk sammensetning. Spesielt på grunn av at det er vanskelig å måle kvaliteten på brisselen med det blotte øyet. Ved bruk av Raman-, Fluorescens- og NIR spektroskopi har det vist seg at NIR spektroskopi vil være den mest egnede metoden for å måling av fettinnholdet i brisselen. Ved å koble denne metoden opp mot referansemålinger fra NMR, vil det være mulig å lage en fettkalibreringsmodell for å estimere brisselens fettinnhold. Sensorisk analyse av brislene viste flere signifikante forskjeller mellom fet og mager brissel. Her var flere positive egenskaper koblet til mager brissel. Bruk av håndholdt NIR instrument til målinger på kalvebrissel kan dermed gjøre at det er mulig å sortere brislene på slakteriet til ulike anvendelser.

7 Forslag til videre arbeid

Til videre arbeid kan en vurdere å gjennomføre flere NIR spektroskopiske målinger på brissel. NIR målinger bør gjennomføres ved 27-29 °C, slik som temperaturen er i brislene ved slakting. I tillegg bør det gjennomføres NMR-analyser ved høyere temperatur (70 °C), slik at alt fett er flytende under målingene. Det kan vurderes å gjøre flere sensoriske analyser. De bør gjennomføres med flere gjentak, mindre variasjon i fettprosent på brislene innad i en kategori og litt større sprik mellom de ulike kategoriene. Det kan også vurderes å ha flere kategorier, men da bør hver kategori variere mellom 1-2 % fett. Dette kan føre til flere signifikante forskjeller mellom kategoriene på flere av egenskapene. Det bør kjøres testsett på regresjonsmodellene, samt undersøke hvilken type håndholdt NIR instrument som kan benyttes. En bør vurdere å gjøre arbeid på brisler fra kalver på under 10 måneder. Her bør det undersøkes om fettvariasjonen er like stor som på eldre dyr.

8 Referanser

- Ambjørnrud, O. (1951). *Slaktestell*. Oslo: Cappelen.
- Bachmann, L., Zezell, D. M., Ribeiro, A. d. C., Gomes, L. & Ito, A. S. (2006). Fluorescence Spectroscopy of Biological Tissues - A review. *Applied Spectroscopy Reviews* (41): 575-590. doi: 10.1080/05704920600929498.
- Barton-Gade, P. A. (1987). Meat and fat quality in boars, castrates and gilts. *Livestock Production Science*, 16 (2): 187-196.
- Berhe, D. T., Eskildsen, C. E., Lametsch, R., Hviid, M. S., Berg, F. v. d. & Engelsen, S. B. (2016). Prediction of total fatty acid parameters and individual fatty acids in pork backfat using Raman spectroscopy and chemometrics: Understanding the *cage of covariance* between highly correlated fat parameters. *Meat Science*, 111: 18-26.
- Blanco, M. & Villaroya, I. (2002). NIR Spectroscopy: a rapid response analytical tool. *Trends in analytical chemistry*, 21 (4).
- Blom, M. (1890). *Husholdningsbog for By og Land*. Kristiania: B. T. Mallings Boghandels Forlag.
- Bro, R. (1996). *Håndbog i multivariabel kalibrering. Kemometri*: DSR Tryk.
- Chacko, V. & Bansal, S. (2016). Application of a Fiber Optic Probe for Blood Oxygenation Measurement Using Near Infrared Spectroscopy. *Journal of Lasers, Optics & Photonics*, 3 (2). doi: 10.4172/2469-410X.1000139.
- Chai, T. & Draxler, R. R. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)?—Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geoscientific model development*, 7 (3): 1247-1250.
- Chelladurai, V. & Jayas, D. S. (2014). Near-infrared Imaging and Spectroscopy. I: Manickavasagan, A. & Jayasuriya, H. (red.) *Imaging with Electromagnetic Spectrum*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Crocombe, R. A. (2004). MEMS technology moves process spectroscopy into a new dimension. *Spectroscopy Europe*, 16 (3): 16-19.
- Electromagnetic radiation*. (2018). I: Wikipedia, t. f. e. (red.). Tilgjengelig fra: https://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_radiation#Electromagnetic_spectrum.
- Erken, H. S. (1951). *Stor Kokebok*, 20. utgave. Oslo: H. Aschehoug & Co (W. Nygaard).
- Esbensen, K. H., Guyot, D., Westad, F. & Houmøller, L. P. (2004). *Multivariate Data Analysis - In Practice. An Introduction to Multivariate Data Analysis and Experimental Design*. Ålborg University: CAMO.
- Fearn, T. (2005). Chemometrics: an enabling tool for NIR. *NIR news*, 16 (7).
- Folkestad, A., Wold, J. P., Rørvik, K.-A., Tschudi, J., Haugholt, K. H., Kolstad, K. & Mørkøre, T. (2008). Rapid and non-invasive measurements of fat and pigment concentrations in live and slaughtered Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*.
- Fossum, S. (2016). *Fluorescens*: Store Medisinske Leksikon. Tilgjengelig fra: <https://sml.snl.no/fluorescens> (lest 17.04.2018).
- Frøslie, K. F. (2018). *Korrelasjon*: Stor Norske Leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/korrelasjon>.
- Førland, T. A., Kolsgaard, J., Larsen, D., Nissen, H. W., Rabbe, D., Rasmussen, I., Reichborn-Kjennerud, I., Senstad, B., Strøm, A., Trumpy, H., et al. (1947). *Husmorboka*, 6. opplag. Oslo: J. W. Cappelen's Forlag.
- Hansen, J.-P. (2018A). *Foton*: Store Norske Leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/foton> (lest 10.04.2018).
- Hansen, M. (2018B). *Kokk ved Nofima AS, avdeling Ås. Personlig meddelelse - beskrivelse og klassifisering av kalvebrissel*. .

- Heggelund, R. (2018). *Personlig meddelelse om brisler, slakteprosess og plussprodukter*.
- Heia, K., Wold, J. P. & Skjelvareid, M. H. (2016). *Metoder for kvalitetsmåling på hel laks*. Nofima.
- Holck, P. (2018). *Thymus*: Store Medisinke Leksikon. Tilgjengelig fra: <https://sml.snl.no/thymus>.
- Høyem, T. (1996). *Kjøtt og kjøtteknologi*. Ås: MATFORSK.
- Jin, H., Lu, Q., Chen, X., Ding, H., Gao, H. & Jin, S. (2016). The use of Raman spectroscopy in food processes: A review. *Applied Spectroscopy Reviews*, 51 (1): 12-22. doi: 10.1080/05704928.2015.1087404.
- Kong, K., Kendall, C., Stone, N. & Notingham, I. (2015). Raman spectroscopy for medical diagnostics - From in-vitro biofluid assays to in-vivo cancer detection. *Advanced Drug Delivery Reviewa* (89): 121-134.
- Lawless, H. T. & Heymann, H. (2010). *Sensory Evaluation of Food - Principles and Practices*. Second Edition utg. Spring Street, New York, 10013, USA: Springer Science+Business Media, LLC.
- Miller, J. N. & Miller, J. C. (2010). *Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry*. Sixth utg. England: Pearson Education Limited.
- Montgomery, D. C. (2013). *Design and Analysis of Experiments International Student Version*. Eighth utg. Singapore: John Wiley & Sons, Inc.
- Myhrer, K. S. (2018). *Personlig meddelelse om tilberedning av brislene og oppfattede egenskaper*.
- Nicolai, B., Defraeye, T., De Ketelaere, B., Herremans, E., Hertog, M., Saeys, W., Torricelli, A., Vandendriessche, T. & Verboven, P. (2014). *Nondestructive Measurement of Fruit and Vegetable Quality*, b. 5.
- Nofima. (2018). *Sensorikk*. Nofima's nettside: Nofima AS. Tilgjengelig fra: <https://nofima.no/forskningsomrade/sensorikk-forbruker-og-innovasjon/sensorikk/>.
- NorskProtein. (2013). *Animalsk fett - Produktdatablad*. www.norskprotein.no: Norsk Protein AS, Hamar. Tilgjengelig fra: <https://www.norskprotein.no/Admin/Public/Download.aspx?file=Files%2FFiler%2FPDF+filer%2FDatablad%2FNorsk%2FProdukt+datablad+animalsk+fett+f%C3%B4rkvalitet+2013+Hamar.pdf> (lest 15.04.2018).
- Oxford-Instruments. (u.å.). *Determination of Solid Fat Content in Edible Oils and Fats - Application Note 13*. Science, T. B. o. (red.): Oxford Instruments Magnetic Resonance.
- Porep, J. U., Kammerer, D. R. & Carle, R. (2015). On-line application of near infrared (NIR) spectroscopy in food production. *Trends in Food Science & Technology* (46): 211-230.
- QVision, A. (2008). *Qmonitor Presentation*. Innovation in Global Food Production. Sintef Global Assets: SINTEF.
- Ramanujam, N. (2000). *Fluorescence Spectroscopy In Vivo*. Encyclopedoa of Analytical Chemistry. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Reuhs, B. L. & Simsek, S. (2017). Nuclear Magnetic Resonance. I: Nielsen, S. S. (red.) *Food Analysis*, s. 151-163. Cham: Springer International Publishing.
- Roza-Delgado, B. d. I., Garrido-Varo, A., Soldado, A., González Arrojo, A., Cuevas Valdés, M., Maroto, F. & Pérez-Marín, D. (2017). Matching portable NIRS instruments for in situ monitoring indicators of milk composition. *Food Control*, 76: 74-81. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.01.004>.
- Sankaran, S. & Ehsani, R. (2014). Introduction to the Electromagnetic Spectrum. I: Manickavasagan, A. & Jayasuriya, H. (red.) *Imaging with Electromagnetic Spectrum*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

- Scotter, C. N. G. (1997). Non-destructive spectroscopic techniques for the measurement of food quality. *Trends in Food Science & Technology*, 8 (9): 285-292. doi: 10.1016/S0924-2244(97)01053-4.
- SELFNutritionData. (2018). *Beef, variety meats and by-products, thymus raw*: SELFNutritionData. Tilgjengelig fra: <http://nutritiondata.self.com/facts/beef-products/3479/2>.
- Shah, M., Bhatt, C. & Dave, J. (2016). Temperature Dependent NIR Spectroscopic Analysis for Food Grain Samples. *Indian Journal of Science and Technology*, 9.
- Smith, E. & Dent, G. (2005). *Modern Raman Spectroscopy - A Practical Approach*: John Wiley & Sons Ltd.
- Sommernes, S. B. (2011). *Kategorifastsettelse etter faktisk alder*: Nortura Medlem. Tilgjengelig fra: <https://medlem.nortura.no/arkiv-nyhetsartikler/kategorifastsettelse-etter-faktisk-alder-article28772-12002.html>.
- Sørland, G. H. (2018). *Personlig meddelelse - E-post-kommunikasjon om NMR, signal og temperatur på fett*.
- Uggerud, E. (2009). *Stearinsyre*: Store Norske Leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/stearinsyre>.
- Uggerud, E. (2011). *Oljesyre*: Store Norske Leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/oljesyre>.
- Uggerud, E. (2018). *Palmitinsyre*: Store Norske Leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/palmitinsyre>.
- Vangen, O. (2009). *Kalv - unge*: Store Norske Leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/kalv - unge>.
- Williams, P., Dardenne, P. & Flinn, P. (2017). Tutorial: Items to be included in a report in a near infrared spectroscopy project. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 25: 85-90. doi: 10.1177/0967033517702395.
- Yang, D. & Ying, Y. (2011). Applications of Raman Spectroscopy in Agricultural Products and Food Analysis: A Review. *Applied Spectroscopy Reviews* (46): 539-560. doi: 10.1080/05704928.2011.593216.
- Zamora-Rojas, E., Pérez-Marín, D., De Pedro-Sanz, E., Guerrero-Ginel, J. E. & Garrido-Varo, A. (2012). Handheld NIRS analysis for routine meat quality control: Database transfer from at-line instruments. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 114: 30-35. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2012.02.001>.

9 Vedlegg

Vedlegg A

BEDØMMELSE AV BRISSEL

egenskapsforklaring

FARGE/UTSEENDE

Fargetone	Fargetone bedømt på overflaten etter NCS-system Ingen intensitet = Tydelig intensitet = Y90R
Fargestyrke	Fargestyrke bedømt på overflaten etter NCS-system Ingen intensitet = ingen fargestyrke Tydelig intensitet = tydelig fargestyrke
Hvithet	Hvithet bedømt på overflaten etter NCS-system Ingen intensitet = ingen hvithet el. maks.kulørt Tydelig intensitet = tydelig hvithet
Homogenitet	Relateres til jevnhet i overflaten til prøven Ingen intensitet = ingen homogenitet (ujevn farge og ustruktur i overflaten /flekker) Tydelig intensitet = tydelig homogenitet (jevn farge og ustruktur i overflaten)
LUKT	
Syrlig lukt	Relateres til en frisk, balansert lukt som skyldes organiske syrer Ingen intensitet = ingen syrlig lukt Tydelig intensitet = tydelig syrlig lukt
Metallukt	Lukt av metall (ferrosulfat) Ingen intensitet = ingen metallukt Tydelig intensitet = tydelig metallukt
Kjøttluk	Lukt relatert til kjøtt (svin, kylling, and) Ingen intensitet = ingen kjøttluk Tydelig intensitet = tydelig kjøttluk
Leverluk	Relateres til lukten av lever (svin, storfe) Ingen intensitet = ingen leverluk Tydelig intensitet = tydelig leverluk

SMÅK

Syrlig smak	Relateres til en frisk, balansert smak som skyldes organiske syrer Ingen intensitet = ingen syrlig smak Tydelig intensitet = tydelig syrlig smak
Søt smak	Relateres til grunnsmaken søt (sukrose) Ingen intensitet = ingen søt smak Tydelig intensitet = tydelig søt smak
Saltsmak	Relateres til grunnsmaken salt (NaCl) Ingen intensitet = ingen saltsmak Tydelig intensitet = tydelig saltsmak
Bitter smak	Relateres til grunnsmaken bitter (koffein) Ingen intensitet = ingen bitter smak Tydelig intensitet = tydelig bitter smak
Umamismak	Relateres til grunnsmaken umami Ingen intensitet = ingen umami smak Tydelig intensitet = tydelig umami smak
Metallsmak	Smak av metall (ferrosulfat) Ingen intensitet = ingen metallsmak Tydelig intensitet = tydelig metallsmak
Kjøttsmak	Lukt relatert til kjøtt (svin, kylling, and) Ingen intensitet = ingen kjøttlukt Tydelig intensitet = tydelig kjøttlukt
Lerversmak	Relateres til smaken av lever (svin, storfe) Ingen intensitet = ingen leversmak Tydelig intensitet = tydelig leversmak
Fettsmak	Relateres til smaken av fett/spekk Ingen intensitet = ingen fettsmak Tydelig intensitet = tydelig fettsmak
Emmensmak	Relateres til en Ingen intensitet = ingen emmensmak Tydelig intensitet = tydelig emmensmak

TEKSTUR

Hardhet	<p>Mekanisk teksturegenskap relatert til kraften som må til for å bite gjennom prøven med jekslene ved 1. bitt</p> <p>Ingen intensitet = ingen hardhet, myk</p> <p>Tydelig intensitet = tydelig hardhet, fast</p>
Mørhet	<p>Mekanisk teksturegenskap relatert til tid og antall tygginger om er nødvendig for å finfordele prøven klar til svelging</p> <p>Ingen intensitet = ingen mørhet (mye tygging nødvendig for å finfordele prøven)</p> <p>Tydelig intensitet = tydelig mørhet (lite tygging nødvendig for å finfordele prøv)</p>
Fethet	<p>Overflateteksturell egenskap relatert til oppfatning av mengde fett i et produkt, (munnfornemmelse)</p> <p>Ingen intensitet = ingen fethet</p> <p>Tydelig intensitet = tydelig fethet</p>
Saftighet	<p>Overflateteksturell egenskap som beskriver væske absorbert eller avgitt fra et produkt. Væske avgitt fra prøven, bedømt etter 4-5 tygg.</p> <p>Overflateteksturell egenskap som beskriver væske absorbert eller avgitt fra et produkt. Væske avgitt fra prøven, bedømt etter 4-5 tygg.</p> <p>Overflateteksturell egenskap som beskriver væske absorbert eller avgitt fra et produkt. Væske avgitt fra prøven, bedømt etter 4-5 tygg.</p>
Kornethet	<p>Geometrisk teksturegenskap knyttet til sanseoppfatningen av partikkelstørrelse og partikkelform i et produkt</p> <p>Ingen intensitet = ingen grovhet</p> <p>Tydelig intensitet = tydelig grovhet</p>
Klebrighet	<p>Mekanisk teksturegenskap relatert til kraften som skal til for å fjerne et stoff som kleber seg fast i munnen</p> <p>Ingen intensitet = ingen klebrighet</p> <p>Tydelig intensitet = tydelig klebrighet</p>
Ettersmak	<p>Styrke av smaken som sitter igjen i munnen etter 15 s etter at prøven er fjernet av munnen.</p> <p>Ingen intensitet = ingen ettersmak</p> <p>Tydelig intensitet = tydelig ettersmak</p>

Vedlegg B

BEDØMMELSE AV BRISSEL

1 Fargetone	Y40R	Y90R
2 Fargestyrke	ingen	tydelig
3 Hvithet	ingen	tydelig
4 Homogenitet	ingen	tydelig
5 Syrlig lukt	ingen	tydelig
6 Metallukt	ingen	tydelig
7 Kjøttlukt	ingen	tydelig
8 Leverlukt	ingen	tydelig
9 Syrlig smak	ingen	tydelig
10 Søt smak	ingen	tydelig
11 Saltsmak	ingen	tydelig
12 Bittersmak	ingen	tydelig
13 Umamismak	ingen	tydelig
14 Metallsmak	ingen	tydelig
15 Kjøttsmak	ingen	tydelig
16 Leversmak	ingen	tydelig
17 Fettsmak	ingen	tydelig
18 Emmensmak	ingen	tydelig
19 Hardhet	ingen	tydelig
20 Mørhet	ingen	tydelig
21 Fethet	ingen	Tydelig
22 Saftighet	ingen	Tydelig
23 Kornethet	ingen	Tydelig
24 Klebrighet	ingen	Tydelig
25 Ettersmak	ingen	Tydelig

Vedlegg C

NMR fettprosjenter fra innledende forsøk

Brissel	Kategori	Vekt, g	Fett %, måling 1-3			Fett, gj snitt %	Vann, %
1A	1	1,6	13,7	14,25		13,975	81,21
1B	1	1,8	5,47	5,22		5,345	70,09
2A	1	1,3	10,77	12,29		11,530	82,43
2B	1	1,34	6,52	5,46		5,990	79,5
3A	1	1,74	11,77	10,66		11,215	77,88
3B	1	1,04	16,08	15,65		15,865	80,53
4A	1	1,62	13,81	14,19		14,000	82,41
4B	1	1,09	7,67	7,92		7,795	84,68
5A	1	0,86	10,4	12,21		11,305	82,67
5B	1	1,32	6,79	8,51		7,650	81,87
6A	1	1,31	5,26	5,76		5,510	79,03
6B	1	1,16	16,61	14,94	15,32	15,623	80,77
7A	2	1,47	11,72	11,32		11,520	83,29
7B	2	1,86	19,05	18,72		18,885	76,18
8A	2	1,46	5,55	5,31		5,430	80,91
8B	2	1,59	5,21	6,4	5,21	5,607	85,80
9A	2	2,16	15,35	14,6	15,56	15,170	80,65
9B	2	2,22	13,66	13,44		13,550	83,36
10A	2	2,12	13,02	13,17		13,095	81,24
10B	2	1,62	10,13	11,08	9,43	10,213	84,77
11A	2	2,78	27,75	28,24		27,995	84,14
11B	2	2,05	30,74	30,77		30,755	82,26
12A	3	1,77	17,44	18,26	18,28	17,993	82,09
12B	3	0,82	7,2	7,48	5,26	6,647	83,43
13A	3	1,96	14,4	14,8		14,600	78,51
13B	3	2,04	29,33	30,49	30,73	30,183	86,26
14A	3	2,52	16,65	16,75		16,700	80,42
14B	3	1,66	37,93	39,12	39,44	38,830	81,60
15A	3	1,83	17,17	16,45	17,33	16,983	83,35
15B	3	2,04	18,99	19,81	20,1	19,633	82,24
16A	3	2,91	26,69	27,69	26,62	27,00	79,45
16B	3	1,79	20,51	21,54	22,18	21,41	82,18
17A	3	1,33	24,64	24,54		24,59	82,29
17B	3	1,75	28,06	27,86		27,96	80,26
18	1	1,49	15,5	13,24	16,18	14,973	84,55
19A	3	1,81	20,96	20,48		20,72	77,57
19B	3	2,02	45,97	46,24		46,105	77,59

Vedlegg D

NMR fettprosent fra hovedforsøk.

Brissel	Kategori	Vekt, g	Fett, %. Måling 1-3			Gjennomsnitt fett, %	
1A	1	3,86	5,54	4,61	5,02	5,057	4,778
1A		3,83	4,94	4,35	4,21	4,500	
1B	1	3,68	6,52	6,13	5,65	6,100	5,647
1B		4,07	5,28	5,03	5,27	5,193	
2A	1	3,75	4,07	3,81	3,18	3,687	3,458
2A		3,60	3,42	3,51	2,76	3,230	
2B	1	4,01	4,03	3,53	3,15	3,570	3,412
2B		3,59	3,16	3,54	3,06	3,253	
3A	1	4,00	3,77	2,82	3,24	3,277	3,180
3A		3,76	3,3	3,06	2,89	3,083	
3B	1	3,86	5,38	4,92	4,9	5,067	5,103
3B		3,79	5,51	4,99	4,92	5,140	
4A	1	3,77	7,65	6,81	6,98	7,147	7,220
4A		3,94	7,47	7,1	7,31	7,293	
4B	1	3,82	6,62	6,91	6,68	6,737	6,462
4B		3,58	6,33	6,33	5,9	6,187	
5A	1	3,80	3,99	3,84	3,64	3,823	3,647
5A		3,76	3,66	3,39	3,36	3,470	
5B	1	3,60	5,27	5,62	4,7	5,197	4,803
5B		3,25	4,5	4,28	4,45	4,410	
6A	1	3,76	4,74	5,05	4,8	4,863	5,002
6A		3,64	5,09	5,04	5,29	5,140	
6B	1	3,51	4,2	4,45	3,83	4,160	4,132
6B		3,46	4,47	4,2	3,64	4,103	
7A	1	3,91	5,06	5,8	4,84	5,233	5,223
7A		3,77	6,06	5,14	4,44	5,213	
8A	1	3,82	6,19	6,21	5,67	6,023	5,870
8A		4,00	5,68	5,93	5,54	5,717	
8B	1	3,66	4,32	3,3	4,08	3,900	3,927
8B		3,94	4,73	3,51	3,62	3,953	
9A	1	3,68	4,32	3,73	3,71	3,920	4,008
9A		3,54	4,42	3,65	4,22	4,097	
9B	1-2	3,72	3,05	2,81	2,96	2,940	3,458
9B		3,86	3,92	3,91	4,1	3,977	
10A	1-2	3,62	7,86	8,04	7,98	7,960	7,892
10A		3,72	8	7,55	7,92	7,823	
10B	1-2	3,74	6,6	6,16	6,31	6,357	6,285
10B		3,51	6,56	5,93	6,15	6,213	
11A	1-2	3,92	6,8	6,43	5,56	6,263	6,520
11A		3,80	6,89	6,72	6,72	6,777	
11B	1-2	3,80	5,98	5,18	5,8	5,653	5,455
11B		3,72	5,4	5,12	5,25	5,257	
12A	1-2	4,02	4,12	3,81	3,47	3,800	3,685
12A		3,64	3,83	3,44	3,44	3,570	

13A	1-2	3,86	5,85	5,34	5,2	5,463	5,303
13A		3,85	5,33	4,94	5,16	5,143	
13B	1-2	3,66	8,59	8,1	7,79	8,160	7,550
13B		3,68	7,19	6,87	6,76	6,940	
14A	2-3	3,95	5,92	5,53	5,16	5,537	6,035
14A		3,48	6,23	6,84	6,53	6,533	
14B	2-3	3,54	3,58	3,47	2,94	3,330	3,335
14B		3,57	3,63	3,2	3,19	3,340	
15A	2-3	3,59	25,76	25,9	25,87	25,843	24,500
15A		3,53	23,07	23,06	23,34	23,157	
15B	2-3	3,44	32,76	33,41	33,15	33,107	32,367
15B		3,50	31,39	31,5	31,99	31,627	
16A	2-3	3,56	12,89	13,27	13,19	13,117	12,640
16A		3,62	12,17	12,07	12,25	12,163	
16B	2-3	4,12	12,15	12,1	11,94	12,063	11,76
16B		3,68	10,52	10,67	10,76	10,650	
17A	2-3	3,83	15,9	16,1	16,15	16,050	14,89
17A		3,8	13,63	13,71	13,83	13,723	
17B	2-3	3,51	15,31	15,32	15,42	15,350	15,20
17B		3,93	15,03	15,11	15,02	15,053	
18A	2-3	3,89	12,29	12,12	12,24	12,217	12,177
18A		3,79	12,05	12,26	12,1	12,137	
18B	2-3	3,67	16,73	16,62	16,54	16,630	15,655
18B		3,75	14,82	14,4	14,82	14,680	
19A	2-3	4,04	6,37	6,31	6,52	6,400	6,702
19A		3,77	7,22	6,87	6,92	7,003	
19B	2-3	3,70	6,16	6,12	5,95	6,077	5,540
19B		3,90	4,99	4,65	5,37	5,003	
20A	2-3	3,52	28,54	28,93	29,18	28,883	26,975
20A		3,71	24,74	25,01	25,45	25,067	
20B	2-3	4,01	9,92	9,88	9,5	9,767	9,898
20B		3,82	9,81	10,25	10,03	10,030	
21A	2-3	4,01	5,17	5,1	4,92	5,063	4,897
21A		3,92	4,68	4,67	4,84	4,730	
22A	2-3	3,46	17,21	17,53	17,26	17,333	16,873
22A		3,66	16,64	16,41	16,19	16,413	
23A	3	3,83	16,77	16,99	16,54	16,767	16,297
23A		3,90	15,85	15,87	15,76	15,827	
23B	3	3,49	21,27	22,18	21,86	21,770	21,025
23B		3,60	20,45	20,25	20,14	20,280	
24A	3	3,74	20,69	20,95	21,35	20,997	20,908
24A		3,68	20,4	20,94	21,12	20,820	
24B	3	3,72	30,28	29,85	30,76	30,297	29,627
24B		3,65	28,83	29,47	28,57	28,957	
25A	3	3,68	16,8	16,95	16,8	16,850	16,813
25A		3,84	16,55	16,67	17,11	16,777	
26A	3	3,99	13,02	13,03	13,19	13,080	13,473

26A		3,53	14,02	13,94	13,64	13,867	
27A	3	3,58	26,24	27,21	27,02	26,823	27,388
27A		3,64	27,68	28,05	28,13	27,953	
27B	3	3,70	32,5	32,63	33,04	32,723	31,875
27B		3,47	30,79	30,89	31,4	31,027	
28A	3	3,63	9,72	9,97	9,98	9,890	10,068
28A		3,70	10,03	10,61	10,1	10,247	
28B	3	3,51	19,05	18,73	19,12	18,967	19,052
28B		3,59	18,95	19,28	19,18	19,137	
29A	3	4,01	22,76	22,84	22,81	22,803	21,868
29A		3,74	20,3	21,37	21,13	20,933	
29B	3	4,07	7,24	6,9	6,97	7,037	7,438
29B		3,98	7,87	7,94	7,71	7,840	
30A	3	3,95	6,61	6,32	6,35	6,427	6,427
30A		3,86	6,43	6,17	6,68	6,427	
30B	3	3,89	8,77	8,3	8,44	8,503	8,550
30B		3,49	8,91	8,68	8,2	8,597	
31A	3	3,88	8,81	8,45	8,62	8,627	8,130
31A		3,87	7,72	7,57	7,61	7,633	
31B	3	3,92	14,97	15,37	15,14	15,160	15,108
31B		3,86	15,39	15,04	14,74	15,057	
32A	3	3,82	15,76	16,03	15,96	15,917	15,435
32A		3,71	14,91	14,81	15,14	14,953	
32B	3	3,57	28,14	28,35	28,8	28,430	27,667
32B		3,68	26,75	26,92	27,04	26,903	
33A	3	3,64	22,65	23,28	23,8	23,243	22,843
33A		3,57	22,11	22,25	22,97	22,443	
33B	3	3,71	18,02	18,33	18,29	18,213	17,848
33B		3,48	17,12	17,5	17,83	17,483	
34A	3	3,60	35,64	36,62	36,92	36,393	37,230
34A		3,71	37,68	38,04	38,48	38,067	
34B	3	3,84	23,67	24,1	23,93	23,900	24,057
34B		3,83	24,14	24,01	24,49	24,213	
35A	3	3,54	34,08	34,59	35,83	34,833	34,795
35A		3,67	34,8	34,49	34,98	34,757	
35B	3	3,70	15,54	15,5	15,7	15,580	15,267
35B		3,70	15,13	14,78	14,95	14,953	
36A	3	3,76	22,62	21,91	21,75	22,093	22,950
36A		3,63	23,57	23,94	23,91	23,807	
36B	3	3,67	15,62	15,7	15,74	15,687	14,978
36B		3,91	14,16	14,34	14,31	14,270	
37A	3	3,84	17,06	17,54	17,32	17,307	18,247
37A		3,67	19,47	19,1	18,99	19,187	
37B	3	3,86	25,52	26,06	26,21	25,930	25,918
37B		3,72	25,82	26,03	25,87	25,907	
38A	3	3,51	49,83	49,63	49,86	49,773	49,482
38A		3,55	48,87	49,08	49,62	49,190	

38B	3	3,37	64,76	65,42	66,37	65,517	65,267
38B		3,43	64,5	65,55	65	65,017	

Vedlegg E

Tukey-verdier og ANOVA p-verdi for egenskapene som ble testet sensorisk på brissel

Tukey (Group)

	Mager	Medium	Fet	P-verdi
Fargetone	4.83 A	5.23 A	5.05 A	0,456
Fargestyrke	2.73 A	2.79 A	2.68 A	0,724
Hvithet	6.80 A	6.60 A	6.96 A	0,187
Homogenitet	5.05 A	5.09 A	5.21 A	0,916
Syrlig lukt	3.66 A	2.87 AB	2.63 B	0,012
Metallukt	4.73 A	4.65 A	4.54 A	0,707
Kjøttlukt	4.30 A	4.03 A	3.74 A	0,356
Leverlukt	3.49 A	3.14 A	3.04 A	0,259
Syrlig smak	3.56 A	3.07 AB	2.62 B	0,027
Søt smak	3.83 A	3.91 A	4.08 A	0,313
Saltsmak	3.76 A	3.62 A	3.46 A	0,16
Bittersmak	4.17 A	4.12 A	4.05 A	0,854
Umamismak	4.41 A	4.04 A	3.90 A	0,062
Metallsmak	5.83 A	5.77 A	5.06 B	0,018
Kjøttsmak	4.42 A	4.06 A	3.73 A	0,101
Lever smak	4.34 A	3.89 A	3.70 A	0,076
Fett smak	4.72 A	5.02 A	5.47 A	0,133
Emmensmak	3.20 A	3.76 A	4.10 A	0,141
Hardhet	3.33 B	4.08 A	4.68 A	0,001
Mørhet	6.22 A	5.65 A	5.57 A	0,079
Fethet	5.84 B	5.93 B	6.77 A	0,011
Saftighet	5.43 A	5.03 AB	4.53 B	0,02
Kornethet	4.02 A	4.18 A	4.42 A	0,498
Kleberighet	5.15 A	4.20 B	4.86 A	0,006
Ettersmak	6.34 A	6.05 AB	5.75 B	0,058

Products associated with the same letters are not significantly different at 5% The model considered for the Anova is: Attribute~Product+Judge+Product:Judge Letters represent groups

Vedlegg F

ANOVA tabeller for alle egenskaper som ble testet sensorisk på brissel.

Fargetone

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Product	2,57	2	0,83	0,456
Judge	115,98	7	10,72	<0.001
Product:Judge	21,64	14	1,01	0,449
Residuals	109,65	72		

If the product effect is not significant, then the paired comparison test results must be interpreted with caution! Type-II Sum of Squares are used.

Fargestyrke

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Product	0,18	2	0,33	0,724
Judge	17,78	7	9,11	<0.001
Product:Judge	3,90	14	0,79	0,680
Residuals	25,52	72		

If the product effect is not significant, then the paired comparison test results must be interpreted with caution! Type-II Sum of Squares are used.

Hvithet

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Product	2,04	2	1,89	0,187
Judge	11,50	7	3,05	0,036
Product:Judge	7,55	14	1,04	0,422
Residuals	37,17	72		

If the product effect is not significant, then the paired comparison test results must be interpreted with caution! Type-II Sum of Squares are used.

Homogenitet

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Product	0,45	2	0,09	0,916
Judge	39,59	7	2,19	0,100
Product:Judge	36,08	14	2,12	0,020
Residuals	87,53	72		

If the product effect is not significant, then the paired comparison test results must be interpreted with caution! Type-II Sum of Squares are used.

Syrlig lukt

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Product	18,58	2	6,23	0,012
Judge	116,76	7	11,19	<0.001
Product:Judge	20,88	14	1,39	0,182
Residuals	77,41	72		

If the product effect is not significant, then the paired comparison test results must be interpreted with caution! Type-II Sum of Squares are used.

Metallukt

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Product	0,62	2	0,36	0,707
Judge	47,77	7	7,79	0,001
Product:Judge	12,27	14	1,15	0,333
Residuals	54,93	72		

If the product effect is not significant, then the paired comparison test results must be interpreted with caution! Type-II Sum of Squares are used.

Kjøttlukt

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Product	5,07	2	1,11	0,356
Judge	81,62	7	5,12	0,005
Product:Judge	31,90	14	2,37	0,009
Residuals	69,37	72		

If the product effect is not significant, then the paired comparison test results must be interpreted with caution! Type-II Sum of Squares are used.

Leverlukt

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Product	3,54	2	1,49	0,259
Judge	91,21	7	10,99	<0.001
Product:Judge	16,59	14	1,78	0,059
Residuals	47,96	72		

If the product effect is not significant, then the paired comparison test results must be interpreted with caution! Type-II Sum of Squares are used.

Syrlig smak

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Product	14,26	2	4,71	0,027
Judge	87,33	7	8,24	<0.001
Product:Judge	21,21	14	1,13	0,345
Residuals	96,21	72		

If the product effect is not significant, then the paired comparison test results must be interpreted with caution! Type-II Sum of Squares are used.

Søttsmak

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Product	1,12	2	1,26	0,313
Judge	40,60	7	13,07	<0.001
Product:Judge	6,21	14	0,95	0,517
Residuals	33,80	72		

If the product effect is not significant, then the paired comparison test results must be interpreted with caution! Type-II Sum of Squares are used.

Saltsmak

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Product	1,41	2	2,10	0,160
Judge	48,53	7	20,60	<0.001
Product:Judge	4,71	14	0,75	0,720
Residuals	32,44	72		

If the product effect is not significant, then the paired comparison test results must be interpreted with caution! Type-II Sum of Squares are used.

Bittersmak

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Product	0,24	2	0,16	0,854
Judge	134,36	7	25,54	<0.001
Product:Judge	10,52	14	1,11	0,361
Residuals	48,58	72		

If the product effect is not significant, then the paired comparison test results must be interpreted with caution! Type-II Sum of Squares are used.

Umamismak

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Product	4,40	2	3,42	0,062
Judge	52,28	7	11,61	<0.001
Product:Judge	9,01	14	0,69	0,779
Residuals	67,39	72		

If the product effect is not significant, then the paired comparison test results must be interpreted with caution! Type-II Sum of Squares are used.

Metallsmak

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Product	11,72	2	5,44	0,018
Judge	131,96	7	17,49	<0.001
Product:Judge	15,09	14	1,32	0,216
Residuals	58,68	72		

If the product effect is not significant, then the paired comparison test results must be interpreted with caution! Type-II Sum of Squares are used.

Kjøttsmak

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Product	7,71	2	2,71	0,101
Judge	30,80	7	3,09	0,034
Product:Judge	19,93	14	1,17	0,320
Residuals	87,90	72		

If the product effect is not significant, then the paired comparison test results must be interpreted with caution! Type-II Sum of Squares are used.

Leversmak

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Product	6,78	2	3,11	0,076
Judge	73,16	7	9,58	<0.001
Product:Judge	15,27	14	1,05	0,414
Residuals	74,65	72		

If the product effect is not significant, then the paired comparison test results must be interpreted with caution! Type-II Sum of Squares are used.

Fettsmak

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Product	9,07	2	2,34	0,133
Judge	17,91	7	1,32	0,311
Product:Judge	27,16	14	0,75	0,721
Residuals	187,12	72		

If the product effect is not significant, then the paired comparison test results must be interpreted with caution! Type-II Sum of Squares are used.

Emmensmak

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Product	13,13	2	2,26	0,141
Judge	165,90	7	8,16	<0,001
Product:Judge	40,67	14	1,38	0,186
Residuals	151,63	72		

If the product effect is not significant, then the paired comparison test results must be interpreted with caution! Type-II Sum of Squares are used.

Hardhet

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Product	29,28	2	11,51	0,001
Judge	17,82	7	2,00	0,128
Product:Judge	17,81	14	2,15	0,018
Residuals	42,52	72		

If the product effect is not significant, then the paired comparison test results must be interpreted with caution! Type-II Sum of Squares are used.

Mørhet

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Product	8,06	2	3,06	0,079
Judge	52,76	7	5,72	0,003
Product:Judge	18,43	14	0,97	0,496
Residuals	98,15	72		

If the product effect is not significant, then the paired comparison test results must be interpreted with caution! Type-II Sum of Squares are used.

Fethet

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Product	16,71	2	6,35	0,011
Judge	56,76	7	6,16	0,002
Product:Judge	18,43	14	1,54	0,118
Residuals	61,45	72		

If the product effect is not significant, then the paired comparison test results must be interpreted with caution! Type-II Sum of Squares are used.

Saftighet

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Product	13,03	2	5,23	0,020
Judge	43,79	7	5,03	0,005
Product:Judge	17,43	14	1,65	0,087
Residuals	54,46	72		

If the product effect is not significant, then the paired comparison test results must be interpreted with caution! Type-II Sum of Squares are used.

Kornethet

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Product	2,55	2	0,73	0,498
Judge	95,25	7	7,80	0,001
Product:Judge	24,41	14	1,73	0,068
Residuals	72,51	72		

If the product effect is not significant, then the paired comparison test results must be interpreted with caution! Type-II Sum of Squares are used.

Kleberighet

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Product	15,27	2	7,66	0,006
Judge	98,25	7	14,08	<0.001
Product:Judge	13,96	14	0,86	0,603
Residuals	83,40	72		

If the product effect is not significant, then the paired comparison test results must be interpreted with caution! Type-II Sum of Squares are used.

Ettersmak

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Product	5,58	2	3,51	0,058
Judge	27,96	7	5,03	0,005
Product:Judge	11,12	14	0,83	0,631
Residuals	68,64	72		

If the product effect is not significant, then the paired comparison test results must be interpreted with caution! Type-II Sum of Squares are used.

Vedlegg G

Tukey-verdier fra sensorisk analyse av brissel

Fargetone

	A
Medium	5,23
Fet	5,05
Mager	4,83

Model considered: Attribute~Product+Judge+Product:Judge

Fargestyrke

	A
Medium	2,79
Mager	2,73
Fet	2,68

Model considered: Attribute~Product+Judge+Product:Judge

Hvithet

	A
Fet	6,96
Mager	6,80
Medium	6,60

Model considered: Attribute~Product+Judge+Product:Judge

Homogenitet

	A
Fet	5,21
Medium	5,09
Mager	5,05

Model considered: Attribute~Product+Judge+Product:Judge

Syrlig lukt

	A	B
Mager	3,66	
Medium	2,87	2,87
Fet		2,63

Model considered: Attribute~Product+Judge+Product:Judge

Metallukt

	A
Mager	4,73
Medium	4,65
Fet	4,54

Model considered: Attribute~Product+Judge+Product:Judge

Kjøttlukt

	A
Mager	4,30
Medium	4,03
Fet	3,74

Model considered: Attribute~Product+Judge+Product:Judge

Leverlukt

	A	
Mager	3,49	
Medium	3,14	
Fet	3,04	

Model considered: Attribute~Product+Judge+Product:Judge

Syrlig smak

	A	B
Mager	3,56	
Medium	3,07	3,07
Fet		2,62

Model considered: Attribute~Product+Judge+Product:Judge

Søt smak

	A	
Fet	4,08	
Medium	3,91	
Mager	3,83	

Model considered: Attribute~Product+Judge+Product:Judge

Salt smak

	A	
Mager	3,76	
Medium	3,62	
Fet	3,46	

Model considered: Attribute~Product+Judge+Product:Judge

Bittersmak

	A	
Mager	4,17	
Medium	4,12	
Fet	4,05	

Model considered: Attribute~Product+Judge+Product:Judge

Umamismak

	A	
Mager	4,41	
Medium	4,04	
Fet	3,90	

Model considered: Attribute~Product+Judge+Product:Judge

Metall smak

	A	B
Mager	5,83	
Medium	5,77	
Fet		5,06

Model considered: Attribute~Product+Judge+Product:Judge

Kjøttsmak

	A
Mager	4,42
Medium	4,06
Fet	3,73

Model considered: Attribute~Product+Judge+Product:Judge

Leversmak

	A
Mager	4,34
Medium	3,89
Fet	3,70

Model considered: Attribute~Product+Judge+Product:Judge

Fettsmak

	A
Fet	5,47
Medium	5,02
Mager	4,72

Model considered: Attribute~Product+Judge+Product:Judge

Emmensmak

	A
Fet	4,10
Medium	3,76
Mager	3,20

Model considered: Attribute~Product+Judge+Product:Judge

Hardhet

	A	B
Fet	4,68	
Medium	4,08	
Mager		3,33

Model considered: Attribute~Product+Judge+Product:Judge

Mørhet

	A
Mager	6,22
Medium	5,65
Fet	5,57

Model considered: Attribute~Product+Judge+Product:Judge

Fethet

	A	B
Fet	6,77	
Medium		5,93
Mager		5,84

Model considered: Attribute~Product+Judge+Product:Judge

Saftighet

	A	B
Mager	5,43	
Medium	5,03	5,03
Fet		4,53

Model considered: Attribute~Product+Judge+Product:Judge

Kornethet

	A
Fet	4,42
Medium	4,18
Mager	4,02

Model considered: Attribute~Product+Judge+Product:Judge

Kleberighet

	A	B
Mager	5,15	
Fet	4,86	
Medium		4,20

Model considered: Attribute~Product+Judge+Product:Judge

Ettersmak

	A	B
Mager	6,34	
Medium	6,05	6,05
Fet		5,75

Model considered: Attribute~Product+Judge+Product:Judge



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway