



Miljøministeriet  
Naturstyrelsen

# Ny miljøeffektiv industriel vasketeknologi

Projektrapport

2014

**Titel:**

Ny miljøeffektiv industriel vasketeknologi

**Redaktion:**

Helle Svendsen  
Morten Køcks  
Teknologisk Institut

**Udgiver:**

Naturstyrelsen  
Haraldsgade 53  
2100 København Ø  
[www.nst.dk](http://www.nst.dk)

**Foto:**

Teknologisk Institut  
Iduna A/S

**Illustration:**

Teknologisk Institut

**År:**

2014

**Kort:**

Teknologisk Institut

**ISBN nr.**

978-87-92256-09-6

**Ansvarsfraskrivelse:**

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

# Indhold

<b>Forord</b> .....	<b>4</b>
<b>Konklusion og sammenfatning</b> .....	<b>5</b>
<b>Summary and Conclusion</b> .....	<b>7</b>
<b>1. Introduktion</b> .....	<b>9</b>
<b>2. Arbejdspakke 1: Udvikling af karakteriseringsmetoder til analyse af fedtsammensætningen</b> .....	<b>10</b>
2.1 Formål .....	10
2.2 Fjerprøver.....	10
2.3 Fedt- og voksammensætning i fjer og dun.....	10
2.4 Test af onlinemetode til karakterisering af fedtstoffer.....	14
2.5 Konklusion .....	16
<b>3. Arbejdspakke 2: Udvikling af nye vaskemidler</b> .....	<b>17</b>
3.1 Formål .....	17
3.2 Vaskemiddelsammensætning.....	17
3.3 Valg af enzymer .....	17
3.4 Konklusion .....	17
<b>4. Arbejdspakke 3 og 4: Laboratorie- og fuldskalatest</b> .....	<b>18</b>
4.1 Formål .....	18
4.2 Laboratorietest af nye vaskemidler .....	18
4.2.1 Fedtindhold .....	19
4.2.2 Bæreevne .....	20
4.3 Valg af vaskemetode og fuldskalavasketest .....	21
4.4 Lavtemperaturvask .....	24
4.5 Udvikling af NIR-model til forudsigelse af totalt fedtindhold .....	24
4.6 Konklusion .....	26

# Forord

Dette er afslutningsrapporten for projektet "Ny miljøeffektiv industriel vasketeknologi" under Miljøstyrelsens tilskudsordning "Miljøeffektiv Teknologi 2011". Projektet løb i perioden marts 2012-april 2014 og havde til formål at udvikle nye vaskemidler, optimerede processer og avancerede metoder til karakterisering af fedtsammensætning, herunder også at implementere online-optimering af vask af andefjer og -dun. De nye vaskemidler skal sikre reduceret spildevands-udledning, renere spildevand samt bevaring af optimal produktkvalitet.

Projektet er blevet gennemført i et samarbejde mellem DYKON A/S, Iduna A/S og Teknologisk Institut. Denne rapport giver et samlet overblik over arbejdet udført i løbet af projektet.

Teknologisk Institut  
Aarhus, april 2014

# Konklusion og sammenfatning

Projektet har overordnet set været inddelt i fire arbejdsopgaver. Fokus i arbejdsopgave 1 er udvikling af karakteriseringsmetoder til bestemmelse af indholdet af fedt og voksforbindelser i andefjer og -dun ved brug af forskellige kromatografiske metoder. Desuden testes potentiale for onlinemetoder til hurtig screening af fjerens fedtindhold. I arbejdsopgave 2 er formålet at udvikle et nyt vaskemiddel, som vasker fjer og dun rene uden at fjerne det naturlige vokslag, som man formoder er med til at højne fjer kvaliteten. I arbejdsopgave 3 (Laboratorie- og fuldskalatest, hvor vaskeprocessen optimeres til de nye vaskemidler) og 4 (Karakterisering af fedtsammensætning efter vask og vurdering af produktkvalitet) udføres laboratorie- og fuldskalavasketest, og resultaterne af de forskellige vask analyseres og evalueres ud fra de vaskede fjers fedtindhold og bæreevne. Parallelt hermed videreudvikles en hurtigmetode til bestemmelse af fedtindhold i råvarerne.

I arbejdsopgave 1 blev en metode til fedtkarakterisering af fjer færdigudviklet, og fjer til indledende tests blev udvalgt. Et større antal fjerprøver blev samtidig analyseret for fedt- og voks-indhold, med de til formålet udviklede metoder, og overraskende var det ved brug af de udviklede karakteriseringsmetoder generelt ikke muligt at detektere voks i DYKONs råfjer – det var alene muligt at genfinde fedt i selve fjerene. Analyser af fjer taget direkte fra ænder fra slagterierne har dog vist indhold af voks. Før DYKON modtager råfjer fra slagterierne, foretages en grovvask af fjerene, og det kan konkluderes, at denne grovvask af fjer ude på selve slagterierne fjerner langt de fleste af voksforbindelserne og blot efterlader fedtforbindelser. Kortlægning af fedtsammensætning i fjer har som følge deraf alene fokuseret på det totale fedtindhold, og denne kortlægning har vist en meget stor variation afhængig af fjertype. Da det ikke var muligt at identificere vokskomponenter i fjerene, blev fedtkarakteriseringen lavet ud fra en analyse af den samlede mængde fedt til stede i fjerene. Parallelt med dette arbejde blev det sandsynliggjort, at nærinfrarød (NIR)-spektroskopi har potentiale for hurtigt at skelne mellem fedtindholdet i forskellige fjerprøver (få minutter). For at kunne udfærdige en NIR-model til forudsigelse af fedtindhold i fjer, er det nødvendigt at måle på et stort antal fjerprøver med varierende og kendt fedtindhold.

I arbejdsopgave 2, med det formål at udvikle et nyt vaskemiddel, som vasker fjer og dun rene uden at fjerne det naturlige vokslag, viste det sig, som ovenfor beskrevet, at det naturlige vokslag allerede vaskes af i forbindelse med en indledende vask af fjerene ude hos fjerkræslagterierne, før prøverne modtages på DYKON. Hovedfokus i udvikling af vaskemidlet blev derfor lagt på at fjerne så meget fedt som muligt, som forhåbentlig så vil kunne føre til en lavere sæbedosering i vaskeprocessen og dermed et mindre forbrug af vand til efterfølgende skyl. Enzymer og detergenter blev i projektet udvalgt og sammensat, hvilket resulterede i et nyudviklet vaskemiddel, specielt tilpasset vask af andefjer og -dun. Dette vaskemiddel blev testet alene samt i kombination med enzymer i en række laboratorietest på Iduna.

I arbejdsopgave 3 (Laboratorie- og fuldskalatest, hvor vaskeprocessen optimeres til de nye vaskemidler) og 4 (Karakterisering af fedtsammensætning efter vask og vurdering af produktkvalitet) blev laboratorie- og fuldskalavasketest udført, og resultaterne af de forskellige vask blev analyseret og evalueret ud fra de vaskede fjers fedtindhold og bæreevne. Parallelt hermed blev en NIR-forudsigelsesmodel udviklet til bestemmelse af totalt fedtindhold i råvarerne. Da de første resultater fra storskalaforsøg var tvetydige, og for bedre at kunne vurdere effektiviteten af det udviklede vaskemiddel, blev de indledende storskalaforsøg gentaget. Hver kombination af dosering og vaskemiddel blev udført op til fire gange. Alle forsøg blev udført på samme råfjerbatch. Spredningen af resultaterne for hver type forsøg var forholdsvis lille, men mod forventning pegede resultaterne på,

at det nyudviklede vaskemiddel ikke er mere effektivt end DYKON's nuværende middel. Det bemærkes dog, at der under selve forsøgene var en tydelig fysisk forskel på de vaskede fjer/dun fra brug af hhv. DYKONs og Idunas vaskemiddel. Desuden havde DYKON bemærket, at der ved de oprindelige storskalatest var et bedre flow med Idunas vaskemiddel. I stedet viser disse test, at der kan være mulighed for at reducere doseringen af vaskemiddel, uden at det signifikant forøger fedtindholdet i fjer og dun. Dette vil dermed kunne reducere efterfølgende skyl og dermed også vandforbruget. Det videre arbejde med sænkning af dosering hos DYKON ligger uden for dette projekt; DYKON forventer dog at arbejde videre med doseringsreduktion efter projektet er afsluttet. I forlængelse af projektet bør det desuden overvejes, om forsøgene kan gentages, idet Idunas vaskemiddel imod hensigten var nødt til at blive justeret mht. homogenitet/stabilitet, hvilket kan have påvirket forsøgene. Vaskemidlet kan også have været udsat for andre eksterne påvirkninger.

Som en konsekvens af at råfjernerne tilsyneladende ikke indeholdte signifikante mængder af voksestre, og at det udviklede vaskemiddel derfor ikke skulle optimeres til at fjerne mindst muligt voks, var det muligt at bruge noget af den overskydende tid herfra i projektet til at lave indledende laboratorietest af temperaturens indflydelse på fedtindholdet efter vask. Disse laboratorietest er identiske med tidligere test i projektet bortset fra, at temperaturen blev sænket fra ca. 38 °C til ca. 31 °C. Resultaterne var overraskende og antyder, at den lavere temperatur tilsyneladende fjerner mere fedt (ved 3 skyl) for både Idunas og DYKON vaskemiddel. Dette forhold bør undersøges nærmere, og ikke mindst bør der foretages storskalatest. DYKON vil derfor i forlængelse af projektet foretage en række forskellige test ved forskellige temperaturer (også under 30 grader) for at undersøge dette forhold nærmere.

Sideløbende med arbejdet omkring lab- og fuldskalavasketest blev der udviklet en online-/atline-karakteriseringsmetode til fedtbestemmelse af de indkommende fjer på DYKON. I første omgang var det interessant for DYKON at kunne forudsige totalt fedtindhold i prøver rangerende fra ca. 0-15 % total fedt. Hvis det samtidig kunne gøres med en præcision på omkring 1 procentpoint var det noget, som ville være særdeles interessant at implementere i produktionen. Der blev således indsamlet en del ekstra prøver i projektets sidste halve år (>30) hos DYKON, som blev analyseret på Teknologisk Institut for total fedt. Det gav sig udslag i en god variation af fedtindhold i prøverne, hvilket er kritisk for en god model. Konklusionen var, at der kan laves en model med forudsigelse af total fedt i området 1-17 % med en præcision på 1-2 procentpoint, ved midling over 5 spektre. Præcisionen er bedre ved lave fedtkoncentrationer, idet der her ikke forekommer at være så stor spektral variation i NIR-spektrene. I projektets sidste del viste det sig, at DYKON fremadrettet kun vil modtage batches indeholdende fedt <6 % fedt. Dette gør umiddelbart modelarbejdet lettere, idet modellen således ikke skal forholde sig til den større spektrale variation ved højt fedtindhold. Konklusionen ved modelarbejdet for de lavere fedtkoncentrationer var, at der her kan forudsiges med en præcision indenfor 1 procentpoint. Muligvis kan modellen gøres en smule bedre med flere prøver i modellen og mere kemometrisk behandling af data. DYKON vil i nær fremtid kraftigt overveje at investere i NIR udstyr for på denne måde at kunne optimere dosering af vaskemiddel.

# Summary and Conclusion

In general, the project has been divided into four work packages. Work package 1 focused on the development of characterisation methods to determine the content of fat and wax compounds in duck feathers and down by means of different chromatographic methods. In addition, the potential for online methods for quick screening of the fat content in the feathers was tested. In work package 2 the objective was to develop a new detergent that washes feathers and down clean without removing the natural wax layer that is believed to increase the quality of the feathers. In work package 3 (Laboratory and full-scale tests, where the washing process is optimised for the new detergents) and 4 (Characterisation of fat composition after washing and evaluation of product quality) laboratory and full-scale washing tests were carried out and the results of the different washings were analysed and evaluated on the basis of the fat content and carrying capacity of the washed feathers. In parallel, a quick method for determination of the fat content in the raw materials was developed.

In work package 1, a method for fat characterisation of feathers was fully developed and feathers for initial tests were selected. At the same time, a large number of feather samples were analysed for fat and wax content through the methods especially developed for the purpose and surprisingly it was in general not possible to detect wax in DYKON's raw feathers by using the developed characterisation methods; it was solely possible to recover fat in the feathers themselves. However, analyses of feathers taken directly from ducks from the slaughterhouses have shown a content of wax. Before DYKON receives raw feathers from the slaughterhouses, a primary washing of the feathers takes place and it can be concluded that this primary washing of feathers at the slaughterhouses removes most of the wax compounds and merely leaves fat compounds. Therefore, the survey of the fat composition in feathers has only focused on the total fat content and the survey has shown a very large variation depending on type of feathers. As it was not possible to identify wax components in the feathers, the fat characterization was made on the basis of an analysis of the total amount of fat present in the feathers. In parallel it was rendered probable that near-infrared spectroscopy (NIR) has potential for quickly distinguishing between the fat content in various feather samples (few minutes). In order to be able to prepare a NIR model to predict the fat content in feathers it was necessary to measure a large number of feather samples with varying and known fat content.

The objective of work package 2 was to develop a new detergent that can clean feathers and down without removing the natural wax layer, and as mentioned above it appeared that the natural wax layer already is washed off during the primary washing of the feathers at the slaughterhouse before DYKON A/S receives the samples. Therefore, the main focus in the development of the detergent was to remove as much fat as possible which in return hopefully will result in a lower soap dosage in the washing process and less use of water for subsequent rinsing. In the project, enzymes and detergents were selected and combined resulting in a newly developed detergent especially tailored to wash duck feathers and down. The detergent was tested alone and in combination with enzymes in a number of laboratory tests at Iduna A/S.

In work package 3 (Laboratory and full-scale tests, where the washing process is optimised for new detergents) and 4 (Characterisation of fat composition after washing and evaluation of product quality), laboratory and full-scale washing tests were carried out and the different washing results were analysed and evaluated on the basis of the fat content and the carrying capacity of the washed feathers. In parallel with this, a NIR prediction model was developed to determine the total fat

content in the raw materials. As the first results from large-scale tests were dubious and in order to evaluate the efficiency of the developed detergent, the initial large-scale tests were repeated. Each combination of the dosage and detergent was carried out up to four times. All tests were carried out on the same batch of raw feathers. The spread in the results for each type of test was rather small, but contrary to expectations the results suggest that the newly developed detergent is not more efficient than DYKON's current detergent. However, it is noted that during the tests there was an obvious physical difference between the washed feathers/down when using DYKON's and Iduna's detergent, respectively. In addition, DYKON had noted that there was a better flow with Iduna's detergent during the original large-scale tests. However, the tests show that it might be possible to reduce the amount of detergent without significantly increasing the fat content in feathers and down. That will make it possible to reduce subsequent rinsing as well as the water consumption. The further work required to reduce the dosage at DYKON is beyond this project; however, DYKON expects to continue work on dosage reduction when the project has been finalised. In continuation of the project it should also be considered if the tests can be repeated as Iduna's detergent unintended had to be adjusted with regard to homogeneity/stability, which might have influenced the tests. The detergent might also have been exposed to other external influences.

As the raw feathers apparently did not contain significant amounts of wax esters and the developed detergent did not have to be optimised to remove as little wax as possible, the consequence was that it was possible to use some of the excess time in the project to make initial laboratory tests of the temperature influence on the fat content after washing. These laboratory tests are identical with previous tests in the project apart from the fact that the temperature was lowered from app. 38 °C to app. 31 °C. The results were surprising and indicate that the lower temperature apparently removes more fat (during 3 x rinse) – both in connection with Iduna's and DYKON's detergent. That condition should be further investigated and a large-scale test should be carried out. In continuation of the project, DYKON will therefore carry out a number of different tests at various temperatures, also below 30 °C to investigate that condition closer.

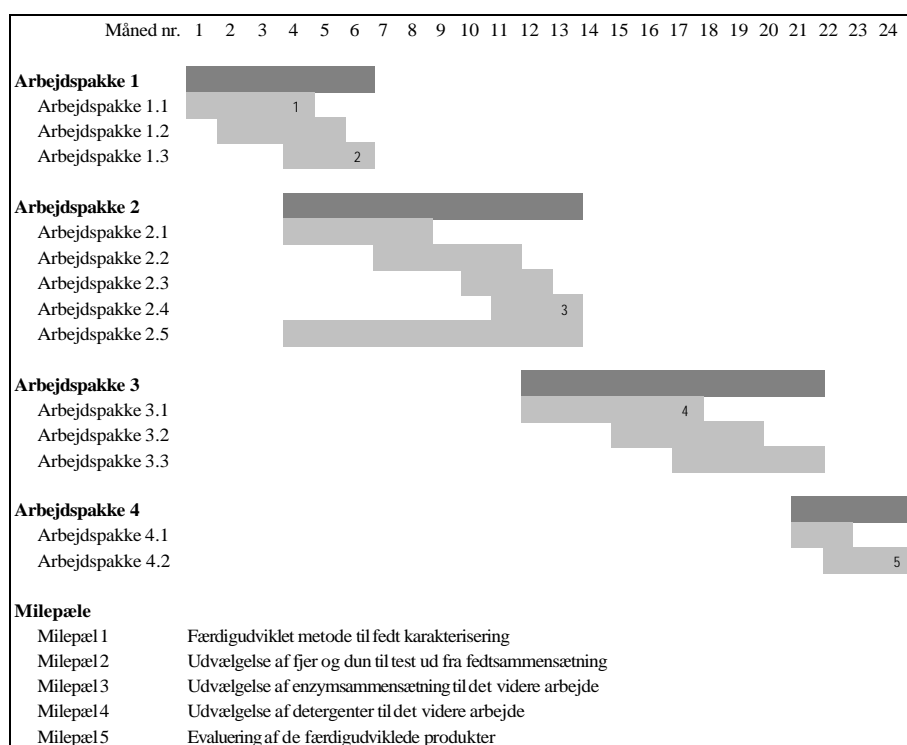
In parallel to the work related to laboratory and full-scale washing an online/atline characterisation method was developed to determine the arriving feathers at DYKON. At first, it was interesting for DYKON to be able to predict the total fat content in samples ranging from app. 0-15% total fat. If this could be done with a precision of around 1 percentage point, then it would be very interesting to implement that in the production. Therefore, a great deal of extra samples were collected during the last six months of the project (>30) at DYKON, and they were analysed at Danish Technological Institute for total fat. That resulted in a good variation of the fat content in the samples, which is critical for a good NIR model. The conclusion was that a model could be made with prediction of total amount of fat in the area of 1-17% with a precision of 1-2 percentage point when averaging over 5 NIR spectra. The precision is better at low fat concentrations as there does not seem to be very large spectral variation in the NIR spectra for low fat concentrations. In the final part of the project it appeared that DYKON forward-looking only will receive batches containing <6% fat. That immediately makes the model work easier as it will not have to relate to the larger spectral variation when the fat content is high. The conclusion of the model work for the lower fat concentrations was that it is possible to make a prediction with a precision within 1 percentage point. Perhaps the model can be improved a bit with several samples in the model and more chemometric treatment of data. In the near future, DYKON will seriously consider investing in NIR equipment in order to be able to optimise the dosing of detergent.



# 1. Introduktion

Formålet med projektet "Ny miljøeffektiv industriel vasketeknologi" er at udvikle nye vaskemidler og avancerede metoder til karakterisering af fedtstofsammensætning i fjer og dun for derved at kunne optimere vaskeprocesser af fjer og dun. Desuden undersøges muligheden for online-optimering af sæbedosering under vaskeprocessen ved brug af spektroskopiske teknikker. De nye vaskemidler skal sikre reduceret spildevandsudledning, renere spildevand, samt bevarelse af optimal produktkvalitet. Optimeringen vil desuden nedbringe energiforbruget i forbindelse med hele fremstillingen af dyner fra andefjer og -dun.

Denne rapport giver et overblik over arbejdet udført i løbet af projektet "Ny miljøeffektiv industriel vasketeknologi", som løb fra 1. marts 2012 til 30. april 2014. Rapporten tager udgangspunkt i og beskriver arbejdet udført i hver af de fire arbejdsplaner. Figur 1 viser projektets oprindelige tidsplan, som beskrevet i projektansøgningen. Denne plan blev fulgt i løbet af projektet.



FIGUR 1 PROJEKTETS TIDSPLAN.

Samtlige fem milepæle, skitseret ovenfor, blev samtidig opnået i løbet af projektet.

Der blev afholdt i alt 7 projektmøder ved hhv. DYKON og Teknologisk Institut med deltagelse af alle projektpartnere. Ligeledes blev dele af resultaterne præsenteret/omtalt ved workshops i ind- og udland.

# 2. Arbejdspakke 1: Udvikling af karakteriseringsmetoder til analyse af fedtsammensætningen

## 2.1 Formål

Fokus i denne arbejdspakke er udvikling af karakteriseringsmetoder til bestemmelse af indholdet af fedt og voksforbindelser i andefjer og -dun ved brug af forskellige kromatografiske metoder. Desuden testes potentiale for online-metoder til hurtig screening af fjerenes fedtindhold.

## 2.2 Fjerprøver

For at karakterisere andefjer og -dun blev seks forskellige, repræsentative fjerbatch udvalgt og sendt til Iduna og Teknologisk Institut for videre analyse:

- K132 Grove fjer (højt fedtindhold, mylar fedtand)
- K140 Grovsorterede (berberieænder)
- K111-2 Hovedsageligt dun (berberieænder)
- K111-3 Meget få fjer (berberieænder)
- K431 Prøve af de færdigvaskede fjer; C-kammer
- K489 Prøve af de færdigvaskede fjer; D-kammer

Fire af de seks prøver repræsenterer et udsnit af DYKONs råvarer, og to er prøver af de færdigvaskede fjer klar til brug i dyner og puder. Disse seks prøver blev også benyttet i arbejdspakke 2 og 3, hvor vaskemidlet blev udviklet og testet i laboratorieskala.

For at kunne analysere fedt- og voksindholdet i disse fjerprøver blev en ekstraktion fra fjerene foretaget vha. Soxleth-metoden med dichloromethan benyttet som ekstraktionsmiddel. Prøverne blev efterfølgende filtreret og dichloromethan blev fordampet. Den totale mængde fedt og voks kunne derved bestemmes ved at veje massen af ekstraktet. Dette giver en meget nøjagtig værdi for total-indholdet af fedt/voks i fjerene. Efter denne vejning var ekstrakterne klar til videre analyse.

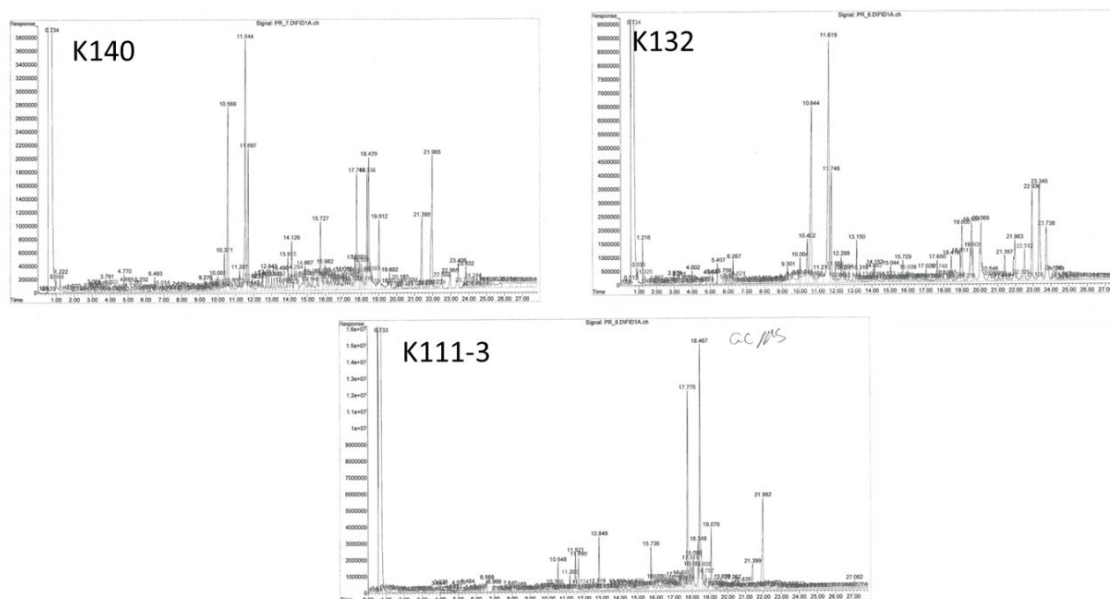
## 2.3 Fedt- og vokssammensætning i fjer og dun

Den store udfordring i adskillelse af fedt (lipider) og voks ligger i, at disse to typer forbindelser indeholder samme type bindinger, de såkaldte esterbindinger. For at kunne skelne fedt og voks fra hinanden blev der gjort mange overvejelser om, hvorvidt en mild forsæbning af ekstrakterne vil kunne nedbryde esterbindingerne i fedtstofferne (triglyceriderne) men ikke i voksestrener. Ud fra et litteraturstudie blev det vurderet, at man ikke kan være sikker på, at voksestrener ikke også angribes sideløbende med nedbrydningen af lipiderne. Det blev derfor besluttet at anvende ekstrakterne direkte i kromatografiske analyser uden yderligere forsæbningsreaktioner.

### Fjer-/dunekstrakt

En række forskellige kromatografiske metoder blev anvendt for at skelne mellem fedt og voks, heriblandt gaskromatografi (GC) og tyndtlagskromatografi (TLC). Både en flammeioniserings-detektor (FID) og massespektrometer (MS) blev forsøgt som detektor.

I et første forsøg blev ekstrakterne kørt direkte på GC-MS-apparatet i håbet om, at man ville kunne identificere en eller to forbindelser for hhv. voksestre og triglyceriderne, som dermed ville kunne bruges som indikatorer for totalindholdet af fedt og voks. Spektrene bestod af mange toppe med delvis store overlap imellem. Signalerne var desuden alle forholdsvis lave, hvilket resulterede i et dårligt signal-/støjforhold. Spektrene var dermed ikke domineret af få enkelte forbindelser men var en blanding af mange forskellige forbindelser med lave indhold. Figur 2 viser tre karakteristiske eksempler på GC-spektre på ekstraktion fra tre forskellige prøver af råfjer. Samtidig har ingen af de seks forskellige fjerprøver identiske GC-spektre, og indholdet af fedt/voks må derfor være forskelligt for prøverne, hvilket ikke er helt uventet pga. den indbyrdes store forskel mellem indhold af fjer og dun i prøverne.



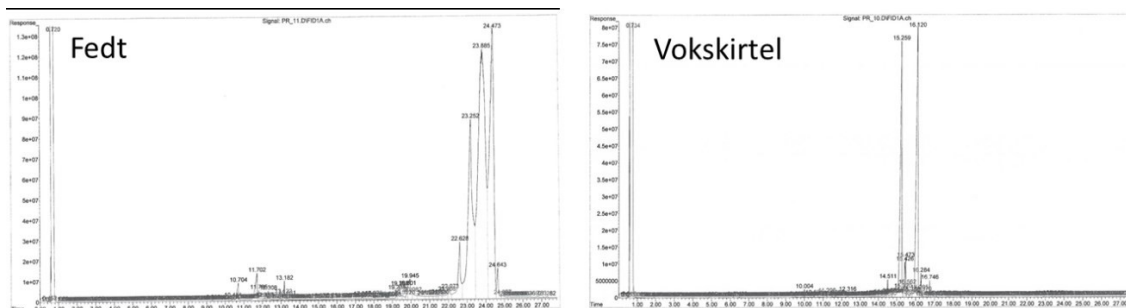
FIGUR 2 UDVALGTE GC-SPEKTRE FOR FJERPRØVE K140, K132 OG K111-3.

Således var det umuligt at identificere specifikke forbindelser pga. det meget komplekse massespektrum. Det kunne derfor relativt hurtigt konkluderes, at ekstrakterne rent kemisk var meget komplekse, samt at entydig identifikation af specifikke forbindelser ville være en umulig opgave, selv med avancerede analyseteknologier til rådighed. Sådanne konklusioner er ofte resultatet for biologiske prøver.

I et forsøg på at identificere hvilke områder i MS-spektret, der var domineret af hhv. voksestre og fedtstoffer, blev ekstrakterne forsøgt adskilt vha. tyndtlagskromatografi (TLC) inden GC-MS-analysen. Her blev ekstraktet sat på en plade belagt med silikagel. Tesen var, at grundet voksestrenes lavere masse, ville disse forbindelser ligge i den øvre del af kolonnen, mens de tungere triglycerider ville være at finde i den nedre del. Et skrab af silikapladen fra både den nedre og øvre del af silikapladen blev derfor efterfølgende kørt på GC-FID. Det viste sig stadig meget svært at identificere specifikke forbindelser ud fra disse toppe fra silikaskrabene, og der var ikke nogle generelle og sammenlignelige trends imellem de forskellige prøver.

### Prøver fra andekirtel og -flomme

For at komme videre og potentielt identificere, hvilke voks- og fedtforbindelser man skal lede efter i ovenstående GC-MS-målinger på fjer- og dunekstrakterne, blev prøver af fedt (flomme) og voks (fra vokskirtlen "urophygial gland") udtaget fra en berberian and og efterfølgende analyseret vha. GC-FID. Resultatet var overraskende og ses i Figur 3. Både fedt- og voksprøverne bestod tilsyneladende af meget få forbindelser. Ud fra MS var det dog stadig ikke muligt entydigt at identificere specifikke fedt- og voksforbindelser, men det var derimod tydeligt, at voksforbindelserne, som forventet, var i den lavere del af spektret, omkring retentionstider på 15-16 s, imens fedtstofferne først ses ved 22-24 s.



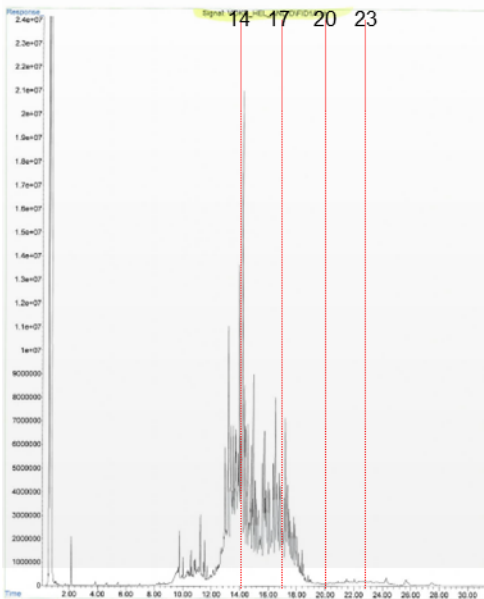
FIGUR 3 GC-SPEKTRUM AF VOKS OG FEDT FRA BERBERIAN AND.

Hvis man til gengæld gik tilbage i ekstraktsspektrene (Figur 2) fra de oprindelige fjerprøver, var toppene, som vist i Figur 3, ikke så markante, og voksestretoppene kunne slet ikke genfindes i nogle af disse ekstraktsspektre. Dette tyder altså på, at voksestrene fra selve kirtlen ikke er til stede i de fjer- og dunekstrakter, som var tilsendt af DYKON. Dette var ellers forventet, idet ænderne tilsætter voks på fjerene ved netop at fordele voks fra kirtlen ud på fjerene med næbbet. I litteraturen er det samtidig påvist, at fjer og dun normalt indeholder den voks, som er indeholdt i vokskirtlen.<sup>1</sup>

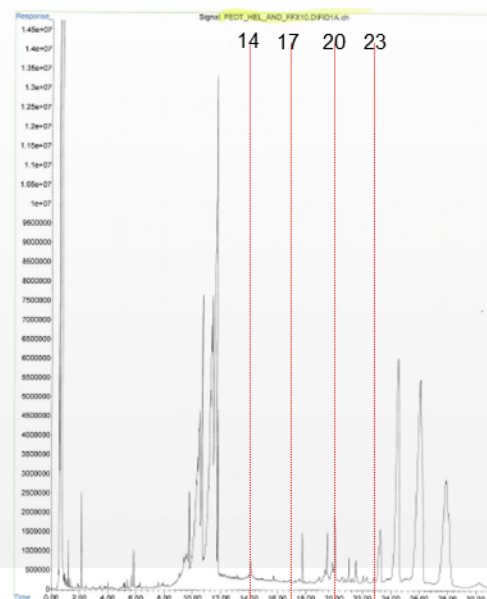
At voksen ikke genfindes i GC-FID-spektrene kan skyldes, at disse forbindelser ikke bliver ekstraheret ordentligt fra fjerene i selve ekstraktionen, evt. fordi forbindelserne går i stykker under processen. En anden forklaring kan være, at de råvarer, som DYKON modtager fra slagterierne, er forvaskede, hvorved voksestrene allerede i dette trin udvaskes fra fjerene. Indholdet af voksestrene kan også være meget afhængig af dunindholdet i fjerene. Man kan evt. forestille sig, at ænderne primært fordele voksen på de yderste lag fjer, og at de inderste lag, som hovedsageligt indeholder dun og dermed bruges til dyner, kun har lavt indhold af voks. I et forsøg på at forstå, hvorfor der ikke ses indikationer af voksforbindelser i nogle af fjerekstrakterne, og om det er afhængigt af dunindhold, blev der udtaget prøver af både fedt, vokskirtel, fjer og dun fra den samme and, som ikke har gennemgået nogen form for forbehandling. Resultater fra GC-analyse ses i Figur 4.

<sup>1</sup> British Poultry Science Volume 45, Number 1 (February 2004), pp. 109–115

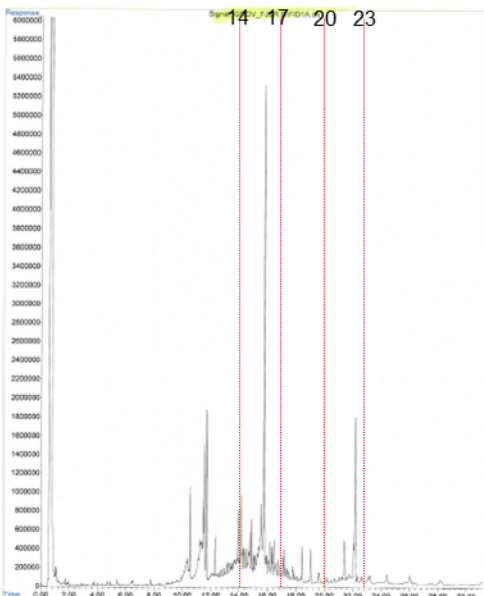
## voks



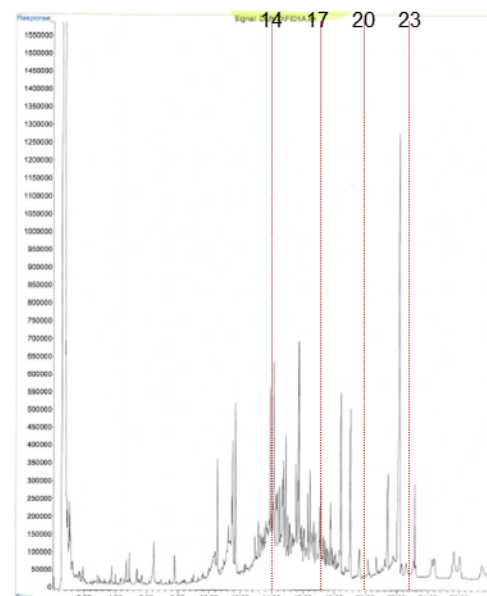
## Fedt



## Grovfjer



## Dun



FIGUR 4 GC-SPEKTRUM AF VOKS (ØVERST TIL VENSTRE), FEDT (ØVERST TIL HØJRE), GROVFJER (NEDERST TIL VENSTRE) OG DUN (NEDERST TIL HØJRE) FRA SAMME AND.

I Figur 4 ses samme tendens som Figur 3 – nemlig at fedt ligger ved høje retentionstider i spektret mens voksestrene ligger lavere, hvilket også var forventet, grundet voksestrene lavere masse. Spektrene her indeholder dog flere forskellige forbindelser end Figur 3. Samtidig er det tydeligt, at grovfjer indeholder relativt mere voks end fedt, idet toppene fra 14-17 s svarer til voks-toppe. Modsat indeholder dun i stedet relativt mere fedt end voks, da de højeste toppe findes over 20 s, hvilket svarer til tilstedeværelsen af fedtsyrer.

Man kan dermed konkludere, at det er muligt med nuværende ekstraktionsmetode at genfinde voksestrener i fjerprøverne fra den analyserede and. At det samtidig ikke er muligt at genfinde voksforbindelser i DYKONs egne prøver, må derfor betyde, at fjerslagteriernes forvask af fjerene udvasker voksen fra fjerene og kun efterlader fedtet tilbage inden afsendelse til dyneproducenterne.

#### *Totalbestemmelse af fedtindhold i fjer og dun*

Idet de uvaskede fjer og dun fra DYKON tilsyneladende ikke indeholder de forventede voksforbindelser ved brug af ovennævnte metode, er det derfor ikke muligt nærmere at kortlægge lipid- og vokskomponenter i fjer, der benyttes hos DYKON. Den oprindelige projektide var at optimere vaskeprocessen af andefjer og dun ved at bestemme forholdet mellem voks og fedt i de vaskede fjer, og man ønskede at finde en vaskeprocedure, som bevarer så mange vokskomponenter som muligt, mens fedtet fjernes fra fjerene. Det viser sig altså, at end ikke råfjerene (altså DYKONs råvarer) indeholder spor af vokskomponenter ved brug af ovennævnte analysemetode.

Den bedste måde at bestemme effektiviteten af en vaskeproces blev derfor imellem partnerne vurderet til at være bestemmelse af totalfedtindholdet i fjerprøverne. Dette kan, som tidligere beskrevet, bestemmes meget nøjagtigt ud fra en vejning af fjerekstraktet, og en sådan analyse vil samtidig være yderst brugbar i forbindelse med test af forskellige vaskemetoder. Milepæl 1 (færdigudviklet metode til fedt karakterisering) blev dermed opfyldt som planlagt, og ligeledes blev milepæl 2 opfyldt (udvælgelse af fjer og dun til test ud fra fedtsammensætning), idet der i de udvalgte prøver var en god variation i totalfedtindholdet og fjer-/dunsammensætningen.

## **2.4 Test af onlinemetode til karakterisering af fedtstoffer**

En anden del af arbejdsplanen bestod af indledende test af potentielle onlinemetoder til karakterisering af fedtstoffer. Dette skulle udvikles med henblik på at bestemme fedtindholdet i DYKONs råvarer indenfor få minutter og dermed optimere doseringen af sæbe i vaskeprocessen afhængig af råfjerens fedtindhold. Nærinfrarød (NIR)-spektroskopi blev efter nærmere overvejelser udvalgt som teknologi og benyttet til onlinekarakterisering. Der blev indledningsvist målt på følgende batches: K132, K489, K431 og K111-3. Desuden blev K132 forsøgt hakket og homogeniseret vha. en blender for at vurdere eventuel effekt af homogenisering. 5 spektre blev optaget tilfældige steder i et plastbæger for hver prøve – se Figur 5.



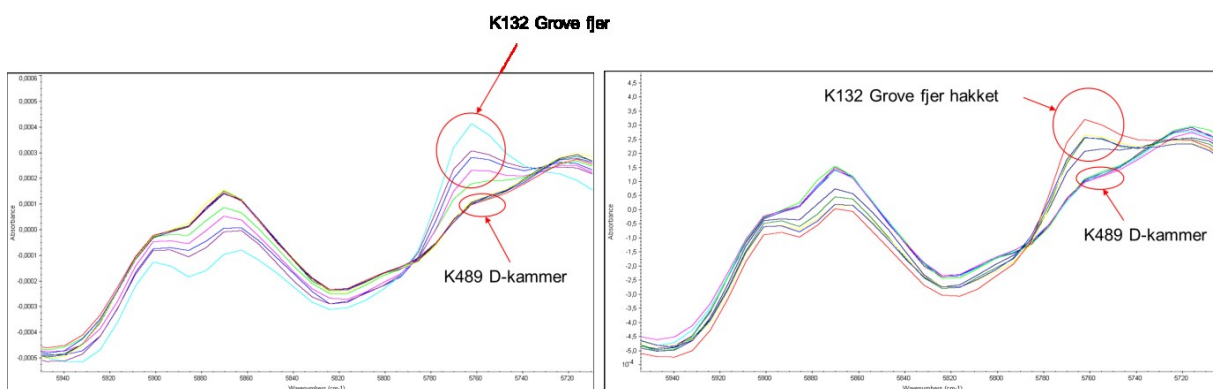
**FIGUR 5 UDVALGTE FJERPRØVER TIL NIR-ANALYSER.**

På Figur 6 ses eksempel på, hvorledes et NIR-spektrum optages.



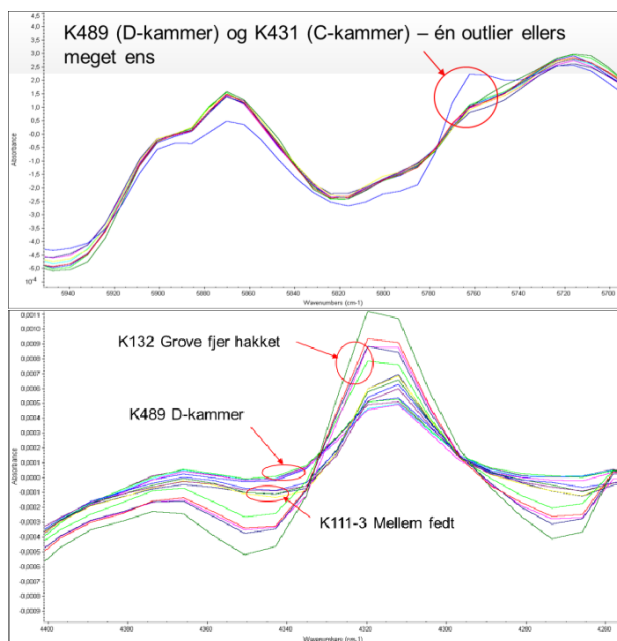
**FIGUR 6 EKSEMPEL PÅ HVORDAN DER VED HJÆLP AF EN FIBEROPTISK PROBE OPTAGES ET SPEKTRUM VED BRUG AF NIR-SPEKTROSKOPI. PRØVEBEHOLDEREN BESTÅR AF RÅFJER, SOM ER REPRÆSENTATIVT UDTAGET FRA DE ENKELTE BATCHES.**

De rå NIR-spektre korrigeres for bl.a. variation i lysspredning i et kemometriprogram, som kan håndtere og bearbejde spektroskopiske data (TQ Analyst, Thermo Scientific). Den umiddelbare konklusion var, at for alle prøverne ses flere steder i spektrene tydelige forskelle mellem de forskellige batches samtidig med, at den interne spredning i spektrene for hver batch generelt er lille - se Figur 7, der viser et udsnit af spektrene for K132 (både de hakkede og rå fjer) og K489. Spredningen for de hakkede K132-fjer er lidt mindre end for de rå fjer, hvilket også var forventet, da netop denne prøve er meget uhomogen, grundet den grove type fjer i batchen.



**FIGUR 7 NIR-SPEKTRE FOR K489 OG K132 (RÅ OG HAKKEDE FJER)**

De to vaskede prøver, K431 og K489, har stort set identiske spektre, hvilket passer fint overens med, at indholdet af fedt i de to prøver bør være nogenlunde ens, da begge prøver er vaskede. På Figur 8 ses tydelige forskelle i spektrene, afhængig af prøvernes fedtindhold, idet K132 indeholder meget fedt, K111-3 mindre fedt og K489 mindst fedt. Dette fedtforhold afspejler sig i de absorptionstrends, som ses i spektret, hvilket potentielt kan bruges til at forudsige fedtindhold.



FIGUR 8 NIR-SPEKTRUM AF PRØVE K431 OG K489 (VENSTRE) OG K111-3, K132 OG K489 (HØJRE).

Det kan foreløbigt konkluderes, at man med stor sandsynlighed kan modellere og bestemme fjerprøvers fedtindhold vha. NIR-analyser. Spørgsmålet er, hvor præcist det kan gøres, og for at konkludere på det, skal der udvikles en forudsigelsesmodel baseret på statistisk, multivariatanalyse (kemometri) og NIR-analyse af mange prøver med forskelligt fedtindhold.

For fornuftigt at kunne modellere sammenhængen mellem prøvernes forskelle i NIR-absorption og fedtindhold er det nødvendigt at måle på et stort antal fjerprøver for at gøre modellen så præcis som muligt. Der blev derfor indsamlet råfjer fra mange forskellige batches hos DYKON. Ved både at analysere disse for total fedtindhold og efterfølgende optage NIR-spektre var det muligt at koble disse to typer af informationer og lave en NIR-forudsigelsesmodel for det totale fedtindhold i fjer og dun. Dette arbejde beskrives i afsnit 4.

## 2.5 Konklusion

Konklusionen for arbejdsopgave 1 er, at milepæl 1 og 2 blev opfyldt, idet en metode til fedtkarakterisering af fjer blev færdigudviklet, og fjer til indledende test udvalgt. Da det ikke var muligt at identificere nogle vokskomponenter i fjerene, bliver fedtkarakteriseringen lavet ud fra måling af den samlede mængde fedt til stede i fjerene.

Parallelt hermed er det sandsynliggjort, at NIR-spektroskopi kan skelne mellem fedtindholdet i forskellige fjerprøver. For at kunne udfærdige en model til forudsigelse af fedtindhold i fjer, er det nødvendigt at måle på et stort antal fjerprøver med varierende og kendt fedtindhold.



# 3. Arbejdspakke 2: Udvikling af nye vaskemidler

## 3.1 Formål

Formålet med denne arbejdspakke var at udvikle et nyt vaskemiddel, som vasker fjer og dun rene uden at fjerne det naturlige vokslag, som man formodede var med til at højne fjerkvaliteten. Det har dog vist sig, som beskrevet under arbejdspakke 1, at det naturlige vokslag allerede vaskes af i forbindelse med en indledende vask af fjerene ude hos fjerkræslagterierne. Hovedfokus i udvikling af vaskemidlet blev derfor lagt på at fjerne så meget fedt som muligt, som forhåbentlig vil kunne føre til en lavere sæbedosering i vaskeprocessen og dermed et mindre forbrug af vand til efterfølgende skyl.

## 3.2 Vaskemiddelsammensætning

I udviklingsprocessen for sammensætningen af vaskemidlet blev forskellige komponenter valgt til at indgå i vaskemidlet. Demineraliseret vand blev valgt som basisråvare (til at blande de øvrige råvarer i), fordi det ikke indeholder kalk. Af samme grund blev der også tilsat en kalkbinder til at binde kalken fra kundens vaskevand. I Danmark findes generelt meget kalk i vandet, og det er ikke ønskværdigt i vaskeprocessen. Tensider blev også tilsat, både fedtløsende og almindeligt smudsløsende) for at løsne snavs og fedt. Et dispergeringsmiddel blev tilsat for at holde smuds og fedt i vaskevandet, så det ikke sætter sig på fjerene/dunene igen. Idet ikke alle fedtelskende tensider er direkte vandblandbare, blev der ydermere tilsat en hydrotrop for at samle og stabilisere produktet. Dette påvirker dog ikke produktets vaskeevne. Denne sammensætning af vaskemiddel kaldes efterfølgende *stamopløsning*. Denne stamopløsning skal ses som en "basisrecept", da der i de indledende vasketest i laboratoriet (med og uden enzymer) og af hensyn til homogenitet/stabilitet, også i senere vasketest, er blevet justeret på recepten.

## 3.3 Valg af enzymer

For at optimere nedbrydningen af lipiderne udvælges enzymer, som potentielt på en effektiv metode kan fjerne yderligere fedt fra fjer. Det blev valgt også at lave et vaskemiddel med enzymer i. På basis af anbefalinger fra Novozymes blev enzymet Lipalex 100 L valgt. Idunas tidligere erfaringer med enzymer viser dog, at enzymer normalt skal have længere virketid end vasketiden hos DYKON. Milepæl 3 blev dermed opfyldt, idet enzymsammensætningen blev fastlagt og klar til brug i laboratorie- og fuldskalatest.

## 3.4 Konklusion

Et nyt vaskemiddel er blevet udviklet i løbet af projektet, og det er specielt tilpasset vask af andefjer. Dette vaskemiddel blev testet alene samt i kombination med enzymer i laboratorietest, hvilket er beskrevet i kapitel 4. Milepæl 3 i arbejdspakke 2 blev opfyldt som planlagt.

# 4. Arbejdspakke 3 og 4: Laboratorie- og fuldskala- test

## 4.1 Formål

I arbejdsplanen 3 (Laboratorie- og fuldskala-test, hvor vaskeprocessen optimeres til de nye vaskemidler) og 4 (Karakterisering af fedtsammensætning efter vask og vurdering af produkt-kvalitet) blev laboratorie- og fuldskalavasketest udført, og resultaterne af de forskellige vaske blev analyseret og evalueret ud fra de vaskede fjers fedtindhold og bæreevne. Parallelt hermed blev en NIR-forudsigelsesmodel udviklet til bestemmelse af totalt fedtindhold i råvarerne.

## 4.2 Laboratorietest af nye vaskemidler

I en fuldskala-test vaskes 100-125 kg fjer ad gangen i 1.000 L vand. Mængden af fjer bestemmes ud fra en visuel vurdering af fedtindhold i de anvendte råfjer. Der benyttes en konstant dosering på 0,5 % vaskemiddel, og temperaturen i vaskeprocessen er ca. 38 °C.

En laboratorieskala-testmetode, som simulerer forholdene hos DYKON bedst muligt, blev udviklet på Iduna for at bestemme den mest optimale dosering og vaskemiddel-/enzym-sammensætning før fuldskala-testen hos DYKON blev udført. Tre forskellige vaskemiddel-/enzym-kombinationer blev benyttet i laboratorietestene for at vurdere enzymernes påvirkning på vaskeprocessen. De tre vasketest, V1-3, er som følger:

- V1. Fjer lægges i blød i en enzymblandning (1 % Lipexlase i 1 liter demineraliseret vand.) i 2 timer. Fjerene vaskes derefter med vaskemetode 3 (V3).
- V2. Fjer vaskes i 30 min. i demineraliseret vand tilsat 1 % stamopløsning. I stamopløsningen indgår enzymet Lipex 100 L med 1 %.
- V3. Fjer vaskes i 30 min i demineraliseret vand tilsat 1 % stamopløsning.

Alle tre vaskemetoder blev anvendt i 2 x 15 minutter i en lille vaskemaskine, som ses i Figur 9.



**FIGUR 9 VASKEMASKINE BRUGT TIL LABORATORIEVASKETEST.**

For at kunne sammenligne resultaterne af disse laboratorietest med DYKONs nuværende fjervask blev V3-test også udført med DYKONs eget vaskemiddel.

Mængden af fjer i disse test varierede mellem 40-60 g. Vaskeopløsningerne havde en starttemperatur på ca. 38 °C. Det er vigtigt, at temperaturen i opløsningen ikke overstiger 40 °C, da dette har en ødelæggende effekt på enzymernes egenskaber. Fjerene blev efterfølgende skyllet i 10 kg hanevand i vaskemaskinen i 4 x 3 min. Endelig blev fjerene tørret og sendt til ekstraktion på Teknologisk Institut.

Der blev udført laboratorievasketest på følgende batches af fjer: K111-2, K111-3, K132 og K140.

#### **4.2.1 Fedtindhold**

Det procentvise totale fedtindhold i de vaskede fjer er blevet bestemt ud fra ekstraktionsmetoden beskrevet i kapitel 2. Det skal her nævnes, at alle forsøg kun er udført én gang. En trippelbestemmelse af fedtindholdet i 2 af fjerprøverne viste dog kun meget lille variation (inden for 5 % afvigelse), hvorfor usikkerheden på fedtindholdet bestemt ved den benyttede ekstraktionsmetode vurderes minimal. Forsøgene kan derfor bruges til en indledende indikation af vaskemetodernes relative effektivitet.

I Tabel 1 ses fedtindholdet i de forskellige fjerprøver. Som forventet ses en stor variation i fedtindhold i råfjerene, og efter vask er variationen betydeligt mindre. Hvis man sammenligner de tre forskellige vaskemetoder, hvor Idunas nyudviklede vaskemiddel anvendes i en 1 %-dosering, ses tydeligt, at vask 2 er den mindst effektive vaskemetode. Her er fedtindholdet højest for alle fire fjerbatch, hvorimod vask 1 og 3 er mere sammenlignelige. Vaskemiddelsammensætningen i vask 2 er lidt anderledes i forhold til vaskemidlet i vask 1 og 3 pga. tilsætningen af enzymer. Dette kan evt. være årsagen til, at vask 2 virker dårligere i forhold til de to andre vaske.

**TABEL 1 TOTALINDHOLD AF FEDT I UVASKEDE OG VASKEDE FJER (% FEDTINDHOLD) VED BRUG AF IDUNAS OG DYKONS VASKEMIDDEL.**

Dosering		Iduna				DYKON
		1 %	1 %	1 %	0,50 %	0,50 %
Vask	Råfjer	m. enzym (iblødsæt)	m. enzym	u. enzym	u. enzym	u. enzym
Vask		V1	V2	V3	V3	V3
K140	1,97	0,47	0,67	0,50	0,82	1,04
K132	7,76	0,61	1,14	0,70	1,02	1,38
K111-2	2,33	0,99	1,21	0,73	1,55	0,67
K111-3	4,00	0,82	1,03	0,83	1,17	1,71

Udførelsen af vask 1 og 3 er identiske bortset fra den foregående enzymiblødsætning i vask 1. Idet fedtindholdet i prøverne fra disse vaskestadier er stort set ens, kan man konkludere, at enzymerne ikke har nogen væsentlig indflydelse på fedtreduktionen på fjerene. Vurderet ud fra fedtindholdet er vask 3 den mest optimale vaskemetode. Desuden vil vask 3 være den billigste og nemmeste vaskesproces at implementere hos DYKON.

Hos DYKON anvendes en vaskemiddeldosering på 0,5 %. For at kunne sammenligne DYKONs nuværende vaskemiddel med Idunas blev yderligere to test udført, hvor doseringen af vaskemidlet var 0,5 %. Hvis man sammenligner kolonne 5 og 6 i tabellen, hvor der ved vask 3 benyttes Idunas vaskemiddel med hhv. 1 % og 0,5 % dosering, ses som forventet en signifikant stigning i fedtindholdet, når doseringen reduceres. Sammenlignes i stedet de to vaskemidler med samme dosering på 0,5 % (kolonne 6 og 7), kan man se tendenser til, at Idunas nyudviklede vaskemiddel overordnet kan være mere effektivt end DYKONs nuværende vaskemiddel. Vurderet alene ud fra fjerens fedtindhold indikerer dette også, at man ved brug af Idunas vaskemiddel potentielt kan benytte en lavere dosering end 0,5 % og samtidig opnå samme vaskeresultater som med DYKONs nuværende vaskemiddel. En lavere dosering vil angiveligt medføre et mindre vandforbrug, idet antallet af efterfølgende skyl vil kunne reduceres.

#### 4.2.2 Bæreevne

For at kunne vurdere vaskemidlers effektivitet er det ikke nok blot at se på fedtindholdet i fjerene. En anden kvalitetsparameter er fjerens bæreevne. Dette fortæller noget om fjerens styrke og evne til at holde på varmen. Værdien oplyses i millimeter og angiver, hvor meget 20 g fjer og dun presses sammen af et stempel, jf. EN 12130 standarden. Vægten af stemplet svarer til vægten af et dynevår med betræk. Bæreevnen er derfor også et udtryk for fjerens styrke og isoleringsevne, da man indirekte måler, hvor meget luft materialet indeholder. Målinger af fjerens bæreevne er foretaget på DYKON på et standardiseret instrument i et klimakontrolleret kammer. Resultaterne af bæreevnetestene ses i Tabel 2.

**TABEL 2 BÆREEVNE AF VASKEDE FJER (mm) VED BRUG AF IDUNAS OG DYKONS VASKEMIDDEL**

Dosering		Iduna				DYKON
		1 %	1 %	1 %	0,50 %	0,50 %
Vask	Råfjer	m. enzym (iblødsæt)	m. enzym	u. enzym	u. enzym	u. enzym
Vask		V1	V2	V3	V3	V3
K140	76	72	76	59	63	49
K132	47	52	54	46	36	38
K111-2	41	48	51	51	41	44
K111-3	71	71	81	65	74	59

Umiddelbart giver vask 2 den bedste bæreevne, hvorimod vask 3 faktisk forringer bæreevnen i forhold til råfjerene. Disse bæreevneresultater er derfor disharmoniske i forhold til fedtindholdet. Vask 3, som ellers gav det laveste fedtindhold, har samtidig også den laveste bæreevne. Det er derfor ikke en selvfølge, at prøver med lav fedtindhold samtidig giver den bedste fjerkvalitet. Dog giver et højt fedtindhold anledning til betragtelige lugtgener.

Det bør dog her understreges, at bæreevnetesten ikke kan sammenlignes direkte med resultater målt på fjer taget fra DYKONs egen vaskeproces, idet fjerene ikke har gennemgået samme tørreproces, som finder sted under den normale vaskeproces. Prøverne her er, som tidligere nævnt, vasket hos Iduna og efterfølgende lufttørret. Hos DYKON er fjerene i stedet tørretumblet inden bæreevnetestene udføres, og de to tørringsmetoder er derfor ikke direkte sammenlignelige. Idet alle laboratorieforsøg i dette projekt har undergået samme tørrebehandling, kan resultaterne dog godt sammenlignes internt. De respektive forskelle på bæreevnen i de forskellige forsøg er dog lave, og sammenlignes kolonne 6 og 7 i tabellen, ses overordnet ikke den store forskel på hhv. DYKONs nuværende og Idunas nyudviklede vaskemiddel.

### **4.3 Valg af vaskemetode og fuldskalavasketest**

For at kunne bestemme effekten af Idunas udviklede vaskemiddel er det nødvendigt ikke kun at lave laboratorieskalaforsøg men også at udføre fuldskalavasketest hos DYKON. Dette vil give en mere korrekt vurdering af konsekvensen ved udskiftning af vaskemiddel, da de vaskede fjer efterfølgende tørres og sorteres på den mest optimale måde.

Hvis man sammenholder fedtindhold og bæreevne for vaskemetode 1 og 3, giver metode 1 med iblødsætning af enzymer umiddelbart en anelse bedre resultater. For at implementere denne metode hos DYKON vil det dog være nødvendigt at indføre et nyt trin i vaskeprocessen, hvilket både er forbundet med store økonomiske omkostninger, højere vandforbrug samt større tidsforbrug i vaskeprocessen. At vælge at implementere enzymer i vaskeprocessen vil derfor kun være aktuelt i det tilfælde, hvor enzymerne giver et signifikant bedre resultat mht. både fedtindhold og bæreevne. Da dette ikke er tilfældet, blev vaskemetode 3 derfor ud fra en samlet vurdering af fedtindhold, bæreevne og implementering valgt som den mest optimale vask at benytte til fuldskalatest. Milepæl 4 (Udvælgelse af detergenter til det videre arbejde) blev derfor opfyldt planmæssigt.

Som det fremgik af Tabel 1, antydes det, at Idunas vaskemiddel giver lavere fedtindhold i fjerene ved en dosering på 0,5 % sammenlignet med DYKONs nuværende vaskemiddel. Derfor vil det være ideelt at undersøge de lavere doseringer af det nyudviklede vaskemiddel i storskalatestene, da dette vil kunne sænke DYKONs vandforbrug ved skylleprocessen efter vask. I øjeblikket anvendes 3 skyl af hver ca. 800 m<sup>3</sup> vand efter sæbevask. Forskellige kombinationer af dosering og efterfølgende skyl med både DYKONs og Idunas vaskemiddel er derfor blevet udført hos DYKON. For at kunne sammenligne storskalatestene blev samme råvarebatch af fjer brugt til alle forsøg. Der blev udtaget prøver fra DYKONs C- og D-kammer. Disse kamre indeholder sorterede og vaskede fjer/dun; D-kammeret indeholder de letteste (hovedsageligt dun), hvorimod C-kammeret indeholder de lidt tungere (både dun og fjer). De vaskede fjerprøver blev analyseret for både fedtindhold og bæreevne. Resultatet ses i tabellen på næste side.

**TABEL 3 TOTALINDHOLD AF FEDT I VASKEDE FJER (% FEDTINDHOLD) FRA C-KAMMER (ØVERST) OG D-KAMMER (NEDERST) VED STORSKALATEST OG BRUG AF BÅDE IDUNAS OG DYKONS VASKEMIDDEL.**

C-kammer	Iduna			DYKON
Dosering	0,5 %	0,4 %	0,3 %	0,50 %
Skyl/Vask	V3	V3	V3	V3
3	1,27	1,18	1,23	
5	1,01	1,21	1,38	0,96

D-kammer	Iduna			DYKON
Dosering	0,5 %	0,4 %	0,3 %	0,50 %
Skyl/Vask	V3	V3	V3	V3
3	1,10	1,04	1,09	
5	1,13	1,03	1,06	1,10

**TABEL 4 BÆREEVNE AF VASKEDE FJER (mm) VED STORSKALATEST I C-KAMMER (ØVERST) OG D-KAMMER (NEDERST) OG BRUG AF BÅDE IDUNAS OG DYKONS VASKEMIDDEL.**

C-kammer	Iduna			DYKON
Dosering	0,5 %	0,4 %	0,3 %	0,50 %
Skyl/Vask	V3	V3	V3	V3
3	56	53	50	
5	60	55	50	59

D-kammer	Iduna			DYKON
Dosering	0,5 %	0,4 %	0,3 %	0,50 %
Skyl/Vask	V3	V3	V3	V3
3	95	91	87	
5	91	93	89	95

Ud fra disse analyser ser det ud til, at en dosering af Idunas vaskemiddel på 0,3 % leverer stort set samme resultater ift. fedtindhold som DYKONs eget vaskemiddel med en dosering på 0,5 %. Desuden ser det ikke ud til, at fedtindholdet og bæreevnen påvirkes af antallet af skyl efter vask. Jf. DYKONs kriterier er bæreevnen dog for lille ved 0,3 %, hvorfor dette ikke vurderes værende en farbar vej.

For bedre at kunne vurdere effektiviteten af Idunas vaskemiddel er det vigtigt at lave gentagelser af forsøgene. Der blev derfor udført endnu en serie af storskalavasketest, hvor hver kombination af dosering og vaskemiddel blev udført op til fire gange. Alle forsøg blev igen udført med samme råfjerbatch. Der blev brugt 3 skyl i disse forsøg. Resultaterne for totalt fedtindhold og bæreevne ses i hhv.

Tabel 5 og Tabel 6.

**TABEL 5 TOTALINDHOLD AF FEDT I VASKEDE FJER (% FEDTINDHOLD) FRA C-KAMMER (ØVERST) OG D-KAMMER (NEDERST) VED STORSKALATEST OG BRUG AF IDUNAS OG DYKONS VASKEMIDDEL. ANTAL SKYL: 3**

C-kammer		Iduna			DYKON	
Dosering	Råfjer	1 %	0,5 %	0,4 %	0,50 %	0,4 %
Forsøg\Vask		V3	V3	V3	V3	V3
1	4,23	2,93	2,71	3,08	1,10	1,27
2			2,56	2,93	1,13	1,14
3			2,67	3,17	1,28	1,21
4			2,36	2,91	1,43	1,15
Gennemsnit		2,93	2,57	3,02	1,23	1,19

D-kammer		Iduna			DYKON	
Dosering	Råfjer	1 %	0,5 %	0,4 %	0,50 %	0,4 %
Forsøg\Vask		V3	V3	V3	V3	V3
1	4,23	2,91	2,64	2,46	1,23	1,47
2			2,78	2,33	1,21	1,55
3			2,67	2,65	1,44	1,52
4			2,78	2,70	1,43	1,55
Gennemsnit		2,91	2,72	2,53	1,33	1,52

**TABEL 6 BÆREEVNE AF VASKEDE FJER (mm) VED STORSKALATEST I D-KAMMER OG BRUG AF IDUNAS OG DYKONS VASKEMIDDEL. ANTAL SKYL: 3.**

D-kammer		Iduna			DYKON	
Dosering	Råfjer	1 %	0,5 %	0,4 %	0,50 %	0,4 %
Forsøg\Vask		V3	V3	V3	V3	V3
1	-	101	106	97	99	108
2			102	93	98	97
3			101	98	97	101
4			106	96	100	101
Gennemsnit		101	104	96	99	102

Spredningen af resultaterne for hver type forsøg er forholdsvis lille, men mod forventning viser disse nye storskalatest klart, at Idunas vaskemiddel fjerner markant mindre fedt på fjer og dun. Dette er i modstrid med både laboratorieskalaforsøg og de første storskalatest. Der blev under selve forsøgene bemærket en tydelig fysisk forskel på de vaskede fjer/dun fra hhv. brug af DYKON og Idunas vaskemiddel – fjerene følte mere fedtede efter vask med Idunas vaskemiddel (i overensstemmelse med



Tabel 5). Desuden havde DYKON bemærket, at der ved de oprindelige storskalatest var et bedre flow med Idunas vaskemiddel, så en potentiel forklaring på dette kan være, at Iduna på et tidspunkt har været nødt til at justere en smule på vaskemidlet, for at sikre stabiliteten/ homogeniteten på samme. Vaskemidlet kan også have været udsat for andre eksterne påvirkninger. Ift. bæreevne målt på DYKON er der ikke nogen klar tendens, når Idunas og DYKONs vaskemiddel sammenlignes. Resultaterne er sammenlignelige, se Tabel 6.

Resultaterne peger på, at det nyudviklede vaskemiddel desværre ikke er mere effektivt end DYKONs nuværende middel. Resultatet af storskalatestene peger ikke på, at DYKON bør udskifte deres nuværende vaskemiddel. I stedet viser disse test, at DYKON umiddelbart har mulighed for at reducere doseringen af deres nuværende vaskemiddel, uden at det signifikant forøger fedtindholdet i fjer og dun eller påvirker bæreevnen i negativ retning. Dette vil dermed kunne reducere efterfølgende skyl og dermed også vandforbruget. Det videre arbejde med sænkning af dosering hos DYKON ligger uden for dette projekt; DYKON forventer dog at arbejde videre med doseringsreduktionen, når dette projekt er afsluttet.

#### 4.4 Lavtemperaturvask

Som en konsekvens af, at råfjerene tilsyneladende ikke indeholder signifikante mængder af voksestre, og det udviklede vaskemiddel derfor ikke skulle optimeres til at fjerne mindst muligt voks, var det derfor muligt at bruge den overskydende tid herfra i projektet til at lave indledende laboratorietest af temperaturens indflydelse på fedtindholdet efter vask. Vaskemetode 3 blev benyttet med en dosering på 0,5 % med hhv. Idunas og DYKONs eget vaskemiddel på 3 udvalgte råbatch beskrevet i afsnit 2.2. Disse laboratorietest er dermed identiske med testene beskrevet i afsnit 4.2 bortset fra, at temperaturen blev sænket fra ca. 38 °C til ca. 31 °C. Resultaterne ses i følgende tabel.

**TABEL 7 TOTALINDHOLD AF FEDT I VASKEDE FJER (% FEDTINDHOLD) VED BRUG AF IDUNAS OG DYKONs VASKEMIDDEL OG TO FORSKELLIGE TEMPERATURER.**

Dosering	Iduna		DYKON	
	0,5 %	0,5 %	0,5 %	0,5 %
Temp.	38 °C	31 °C	38 °C	31 °C
Vask	V3	V3	V3	V3
K132	1,02	0,749	1,38	0,690
K111-2	1,55	0,988	0,67	0,987
K111-3	1,17	0,816	1,71	0,743

Resultaterne er overraskende og antyder, at den lavere temperatur tilsyneladende fjerner mere fedt (ved 3 skyl) – både i forbindelse med Idunas og DYKONs vaskemiddel. Dette forhold bør undersøges nærmere, og ikke mindst bør der foretages storskalatest. DYKON vil derfor i forlængelse af projektet foretage en række forskellige test ved forskellige temperaturer, også under 30 grader, for at undersøge dette forhold nærmere.

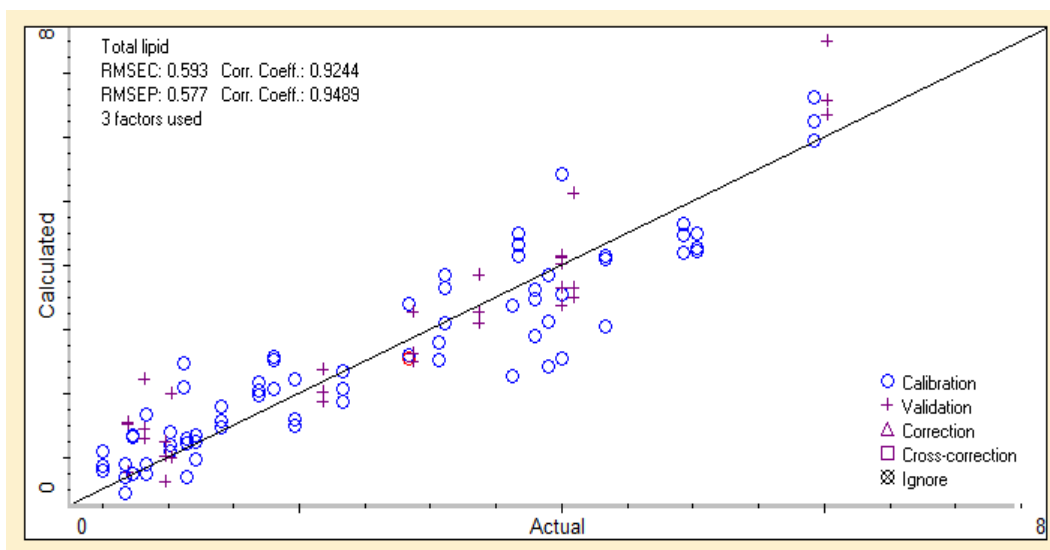
#### 4.5 Udvikling af NIR-model til forudsigelse af totalt fedtindhold

I første omgang var det interessant for DYKON at kunne forudsige totalt fedtindhold i prøver rangerende fra ca. 0-15 % total fedt. Hvis det samtidig kunne gøres med en præcision på omkring 1 procentpoint var det noget, som ville være særdeles interessant at implementere i produktionen på DYKON. Der blev således indsamlet en del ekstra prøver (>30) hos DYKON, som blev analyseret på Teknologisk Institut for total fedt. Det gav sig udslag i en god variation af fedtindhold i prøverne, hvilket er kritisk for en god model. Indhold rangerede fra 1-17 % med en enkelt prøve indeholdende 23 % fedt. Parallelt hermed blev alle prøver analyseret med NIR-spektroskopi (Antaris FT-NIR fra Thermo Scientific).

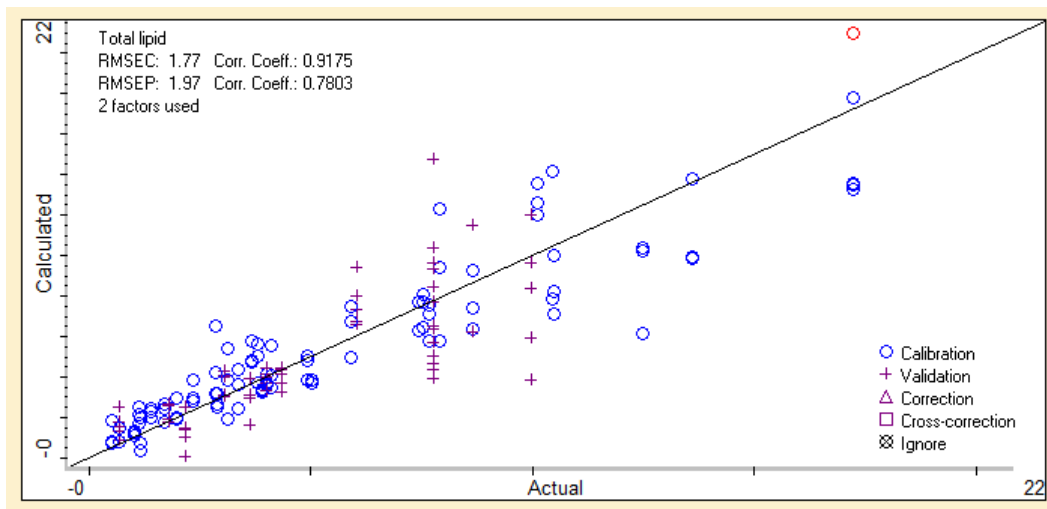
Konklusionen var, at der kan laves en model med forudsigelse af total fedt i området 1-17 % med en præcision på 1-2 procentpoint, ved midling over 5 spektre. Præcisionen er bedre ved lave fedtkoncentrationer, idet der her ikke forekommer at være så stor spektral variation i NIR-spektrene. Den spektrale variation for prøver med højt fedtindhold opstår med stor sandsynlighed pga. inhomogen placering af fedt på fjerene/dunene. Da der analyseres på et beskedent overfladeareal med NIR-proben (ca. 1 cm<sup>2</sup>) med en penetrationsdybde på få millimeter, vil der uundgåeligt opstå variationer i større eller mindre omfang fra spektrum til spektrum. Således kunne man med fordel midle over endnu flere spektre end de 5, særligt for prøver med højt fedtindhold.

I projektets sidste del viste det sig, at DYKON fremadrettet kun vil modtage batches indeholdende fedt >6 % fedt. Dette gør umiddelbart modelarbejdet lettere, idet modellen således ikke skal forholde sig til den større spektrale variation ved højt fedtindhold.

Konklusionen ved modelarbejdet for de lavere fedtkoncentrationer var, at der her kan forudsiges med en præcision indenfor 1 procentpoint. Alle valideringsstandarder rammer indenfor dette kriterium. Muligvis kan modellen gøres en smule bedre med flere prøver i modellen og mere kemometrisk behandling af data, men næppe meget. Et omfattende stykke modeludviklingsarbejde blev foretaget, og nedenfor i Figur 10 og Figur 11 ses udvalgte, repræsentative kemometriske modeller, hvor der er gjort brug af uafhængige valideringssæt for at vurdere, hvor godt modellerne i de forskellige fedtområder performer.



**FIGUR 10 UDVALGT KEMOMETRISK MODEL FOR FEDTINDHOLD OP TIL 7 % TOTALT FEDT. PÅ X-AKSEN ER VIST REFERENCE FEDTVÆRDIER, BESTEMT VED EKSTRAKTION, OG PÅ Y-AKSEN ER VIST DE BEREGNEDE VÆRDIER AF MODELLEN. UAFHÆNGIGE VALIDERINGSSTANDARDER ER VIST MED '+'.**



**FIGUR 11 UDVALGT KEMOMETRISK MODEL FOR FEDTINDHOLD OP TIL 18 % TOTALFEDT. PÅ X-AKSEN ER VIST REFERENCE FEDTVÆRDIER, BESTEMT VED EKSTRAKTION, OG PÅ Y-AKSEN ER VIST DE BEREGNEDE VÆRDIER AF MODELLEN. UAFHÆNGIGE VALIDERINGSSTANDARDE ER VIST MED '+'.**

#### **4.6 Konklusion**

Det nyudviklede produkt på Iduna blev afprøvet ved storskalatest og den umiddelbare konklusionen var, at produktet ikke performer bedre end DYKONs nuværende vaskemiddel. Dog bør det, i forlængelse af projektet, overvejes, om forsøgene bør gentages, idet Idunas vaskemiddel imod hensigten kan have været justeret anderledes eller kan have været udsat for andre eksterne påvirkninger. Dog viser forsøgene også, at DYKON umiddelbart har mulighed for at reducere doseringen af deres nuværende vaskemiddel, uden at det signifikant forøger fedtindholdet i fjer og dun. Dette vil dermed kunne reducere efterfølgende skyl og dermed også vandforbruget. Milepæl 5 (Evaluering af de færdigudviklede produkter) er således opfyldt.

Med hensyn til NIR-modeludviklingsarbejdet til forudsigelse af total fedt var konklusionen (for de lavere fedtkoncentrationer < 7 %), at der her kan forudsiges med en præcision indenfor 1 procentpoint med midling over 5 spektre. Det er dette koncentrationsområde, som er relevant for DYKON fremadrettet. Muligvis kan modellen gøres endnu bedre med flere prøver i modellen og mere kemometrisk behandling af data, men næppe meget. DYKON vil fremadrettet kraftigt overveje at investere i NIR udstyr for på denne måde at kunne optimere doseringen af vaskemiddel.



### **Ny miljøeffektiv industriel vasketeknologi**

Projektet løb fra 2012-2014 med det formål at udvikle nye vaskemidler, optimerede processer og avancerede metoder til karakterisering af fedtsammensætning, herunder også at udvikle og implementere onlineoptimering af vask af andefjer og -dun.

Projektet blev gennemført med tilskud fra Miljøstyrelsen under støtteordningen MUDP 2011 i et samarbejde mellem DYKON A/S, Iduna A/S og Teknologisk Institut.



Naturstyrelsen  
Haraldsgade 53  
2100 København Ø  
Tlf.: (+45) 72 54 30 00  
[www.nst.dk](http://www.nst.dk)