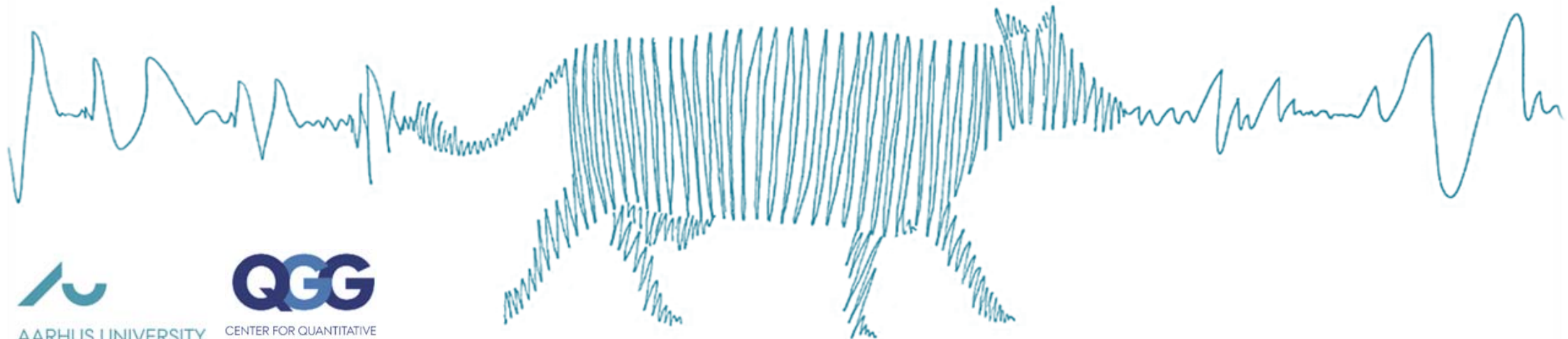


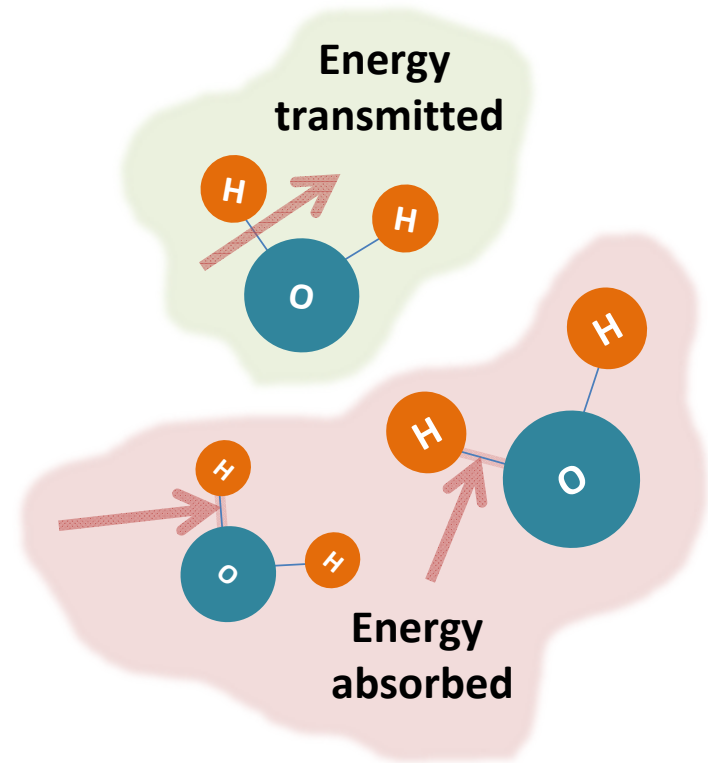
GENETIC ANALYSIS OF FOURIER TRANSFORM INFRARED MILK SPECTRA

WCGALP 2018

Roos M. Zaalberg, N. Shetty, L. Janss, and A.J. Buitenhuis



FT-IR MILK SPECTRA



FT-IR MILK SPECTRA

Fourier Transform Infrared



Mathematical transformation



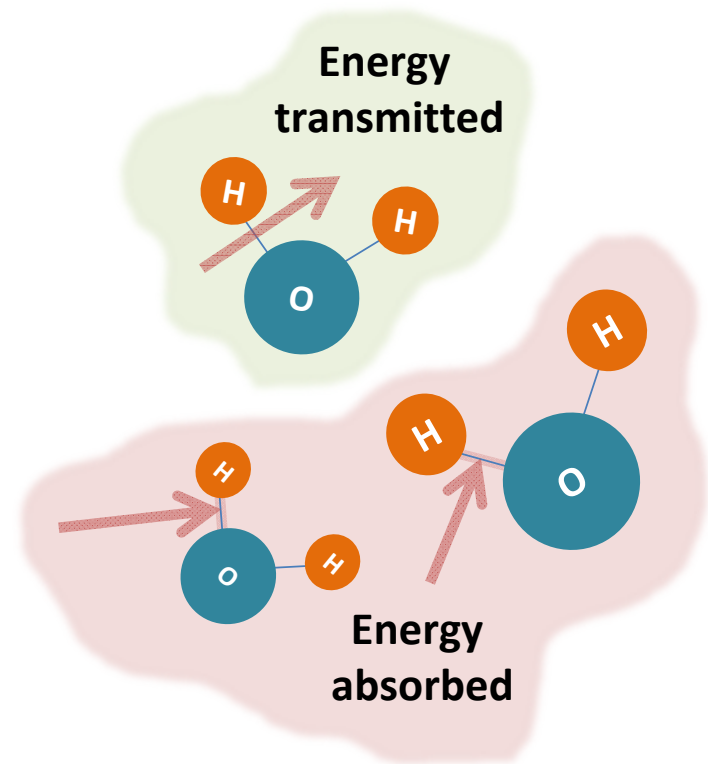
Fast



Cheap

HD

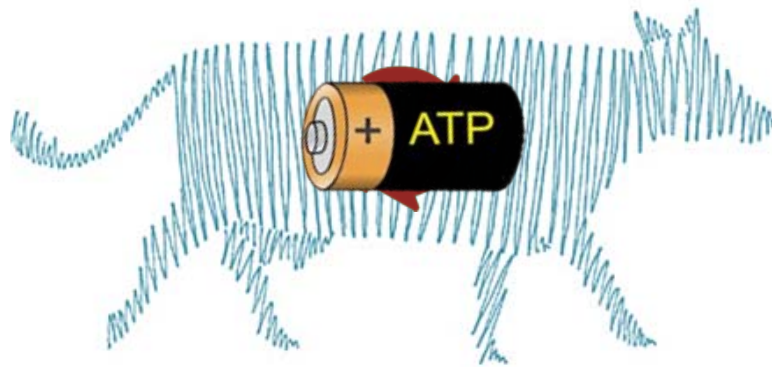
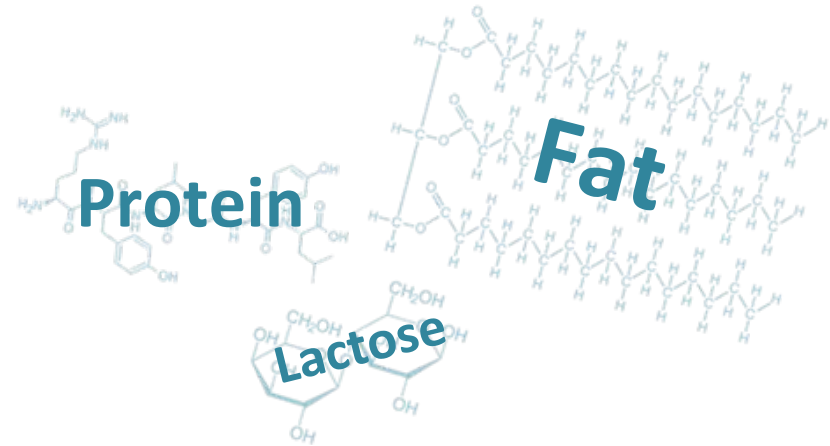
High definition



APPLICATIONS

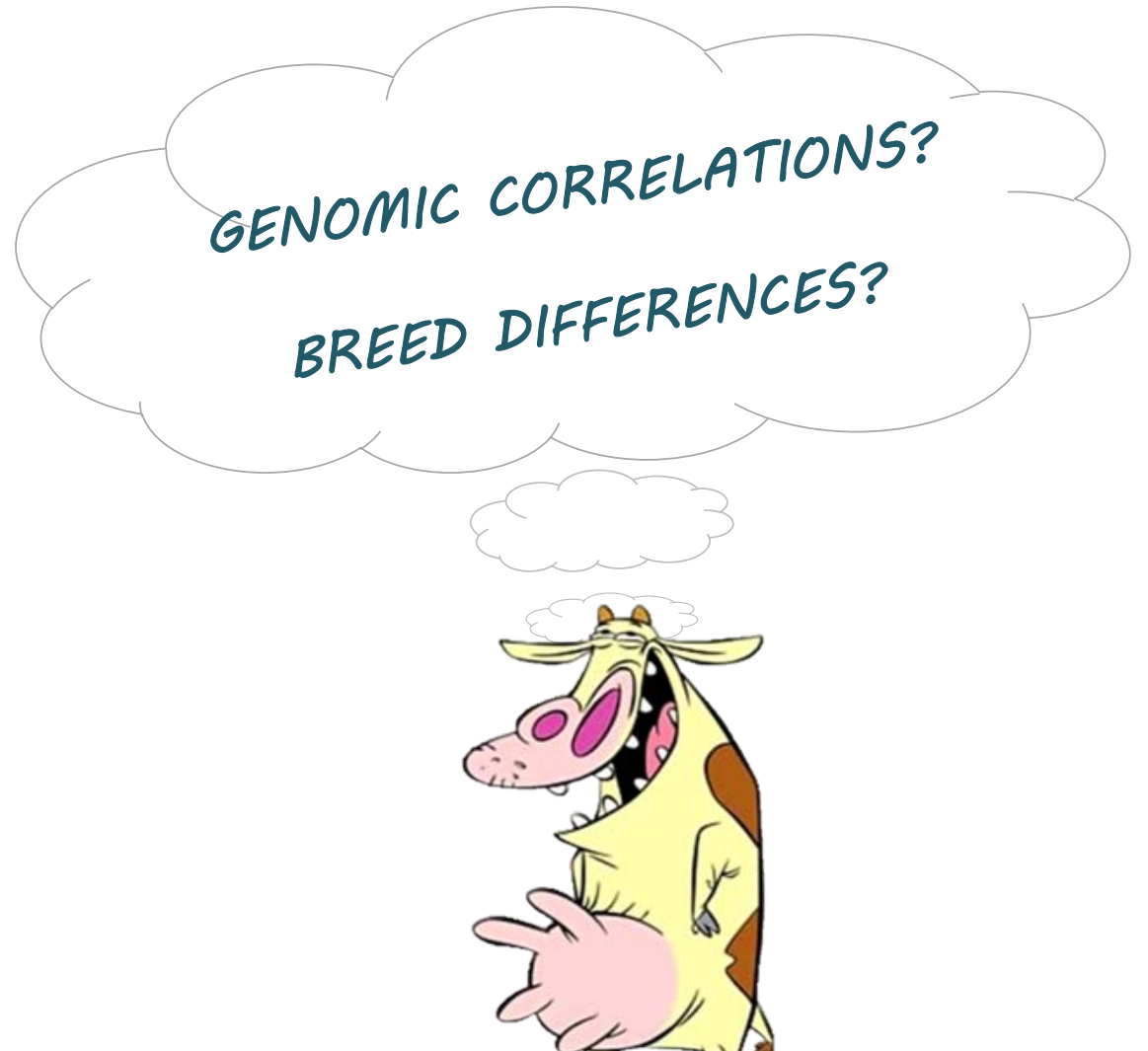
Prediction

- Major milk components
- Energy balance
- Metabolic diseases



GENETICS

- Milk spectra heritable
- Associated to
 - *DGAT1*
 - *CSN* (casein cluster)
 - *LGB* (β -lactoglobulin)



AIMS

Estimate **heritability** of transmittance values for 1,060 individual wavenumbers from the infrared region of 5,008-925 cm^{-1} .

Estimate **genomic correlations** between transmittance values of wavenumbers with a high heritability.

Analyse **breed differences**.



MATERIALS & METHODS

GENOTYPES

Danish Holstein (DH)

324 herds
3,278 cows



Danish Jersey (DJ)

175 herds
3,426 cows



Imputed from 10k to 50k
Beagle4

PHENOTYPES

Danish Holstein (DH)



19,690



Milk samples



20,789

Danish Jersey (DJ)



10/2015 – 09/2016

3-4 samples per cow

32 days between records

1 – 400 DIM



PHENOTYPES

Danish Holstein (DH)



Danish Jersey (DJ)



19,690

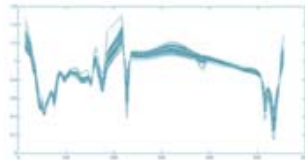


Milk samples



20,789

FT-IR spectral analysis



5,008-925 cm^{-1}
1,060 wavenumbers

$$= \frac{1}{\text{wavelength}}$$



MODEL

Bayesian approach

$$y = \mu + \textit{Season} + \textit{Parity} + \beta_1 \textit{DIM} + \beta_2 e^{-0,05\textit{DIM}} + \textit{Herd} + \textit{Cow}_A + \textit{Cow}_{PE} + E$$

Bayz



MODEL

Heritability

$$y = \mu + \text{Season} + \text{Parity} + \beta_1 \text{DIM} + \beta_2 e^{-0,05\text{DIM}} + \text{Herd} + \text{Cow}_A + \text{Cow}_{PE} + E$$

•Fixed effects

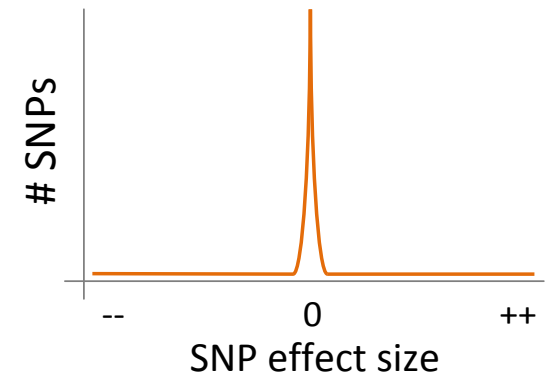
Uniform distribution

•Random effect

Normal distribution

•SNP effects

Power LASSO distribution



MODEL

Genomic correlations

$$y = \mu + \textit{Season} + \textit{Parity} + \beta_1 \textit{DIM} + \beta_2 e^{-0,05\textit{DIM}} + \textit{Herd} + \textit{Cow}_A + \textit{Cow}_{PE} + E$$

Heritability analysis  *Select* → Wavenumbers with **high heritability**

MODEL

Genomic correlations

Bivariate model

$$y = \mu + \textit{Season} + \textit{Parity} + \beta_1 \textit{DIM} + \beta_2 e^{-0,05\textit{DIM}} + \textit{Herd} + \textit{Cow}_A + \textit{COW}_{PE} + E$$

- Fixed effects Uniform distribution
- Random effect Normal distribution
- SNP effects **Normal distribution**

MODEL

Genomic correlations

- gBayz

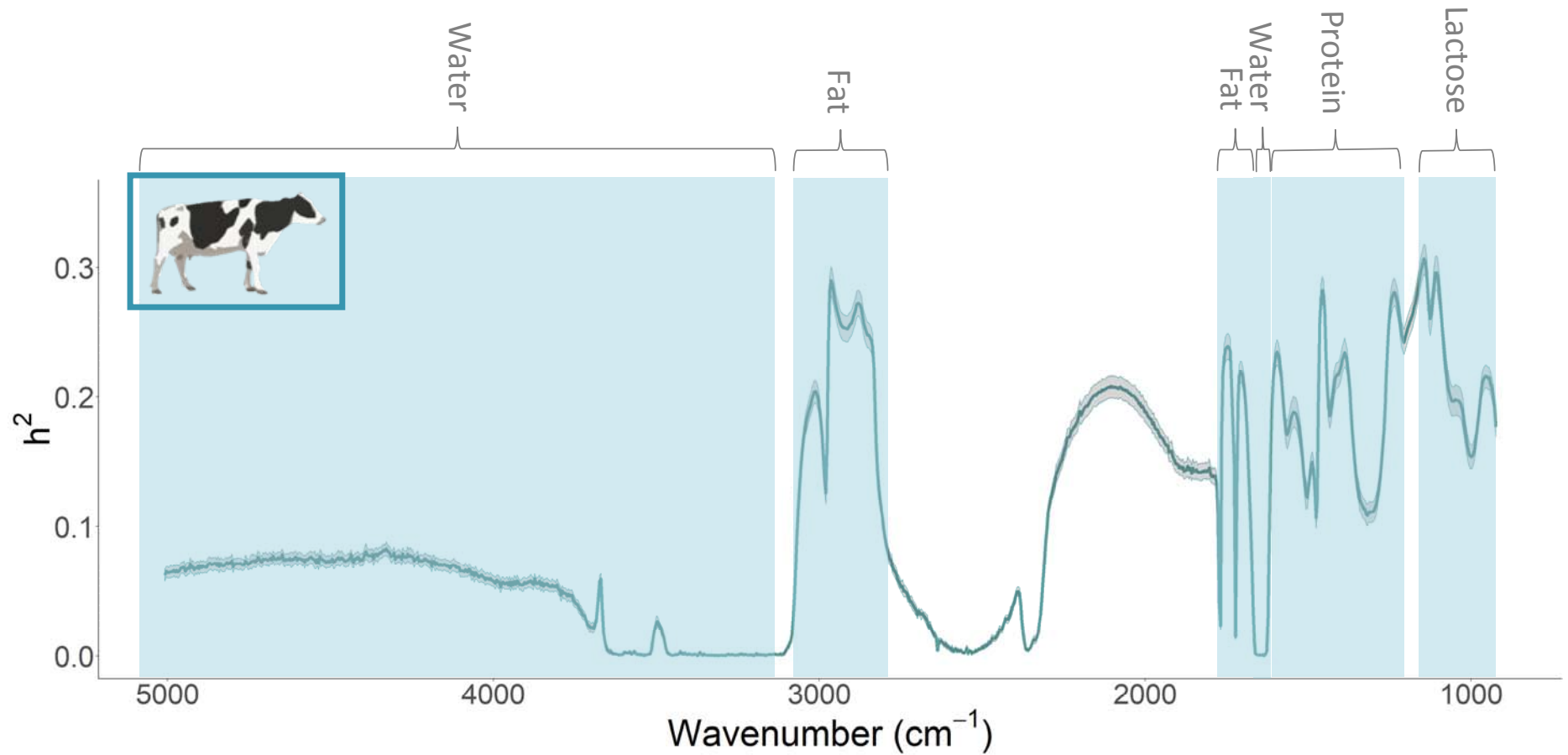
$$E[f(Wa)] = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N f(W\check{\alpha}^i)$$

$$\textit{genomic correlation} = E[\textit{cor}(Wa_1, Wa_2)]$$

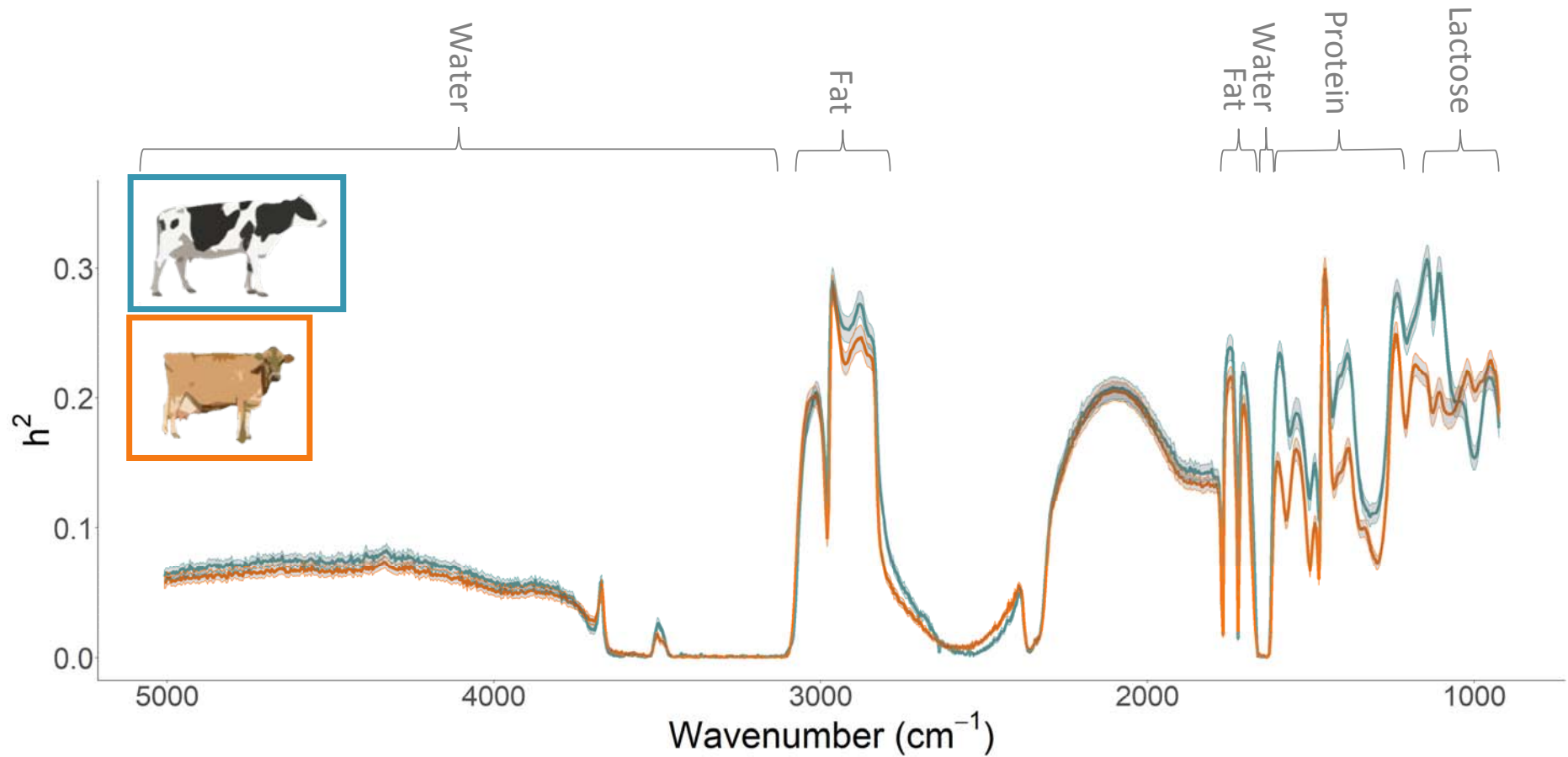
Across 50,000 MCMC cycles

DISCUSSION & RESULTS

HERITABILITY

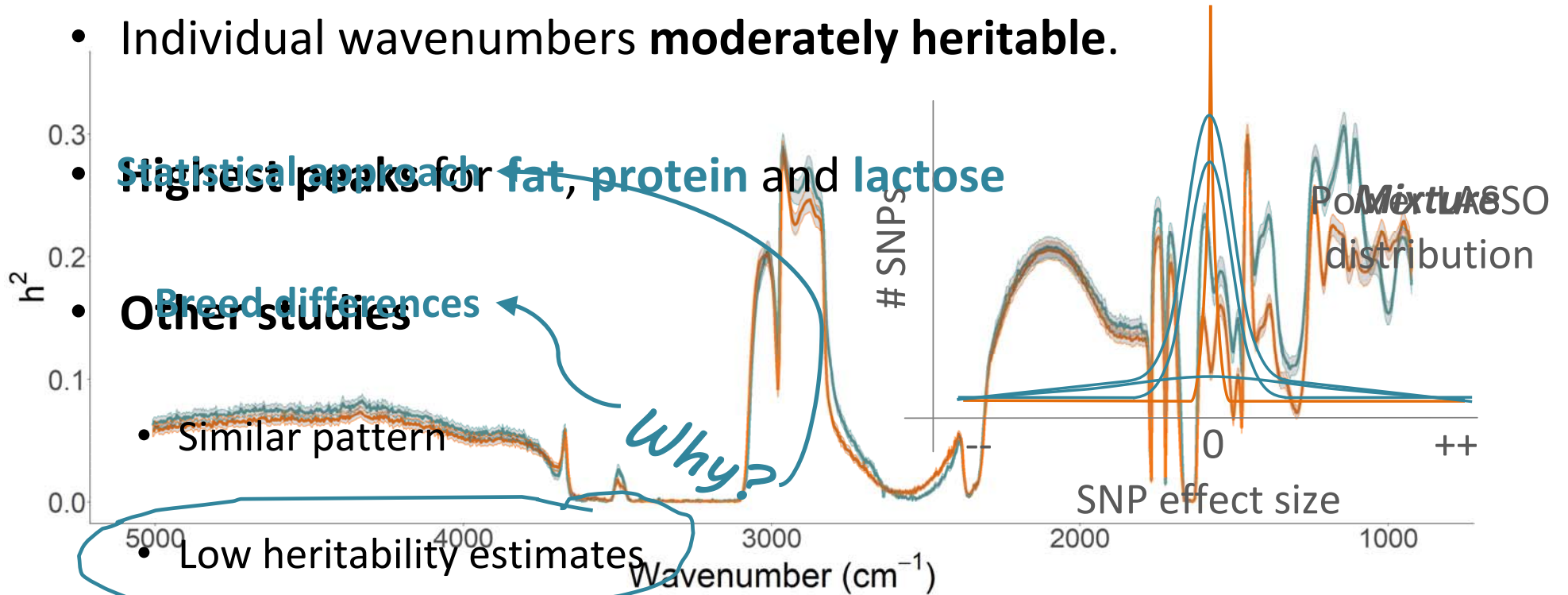


HERITABILITY



HERITABILITY

- Individual wavenumbers **moderately heritable**.



Statistical approach for fat, protein and lactose

Breed differences

Other studies

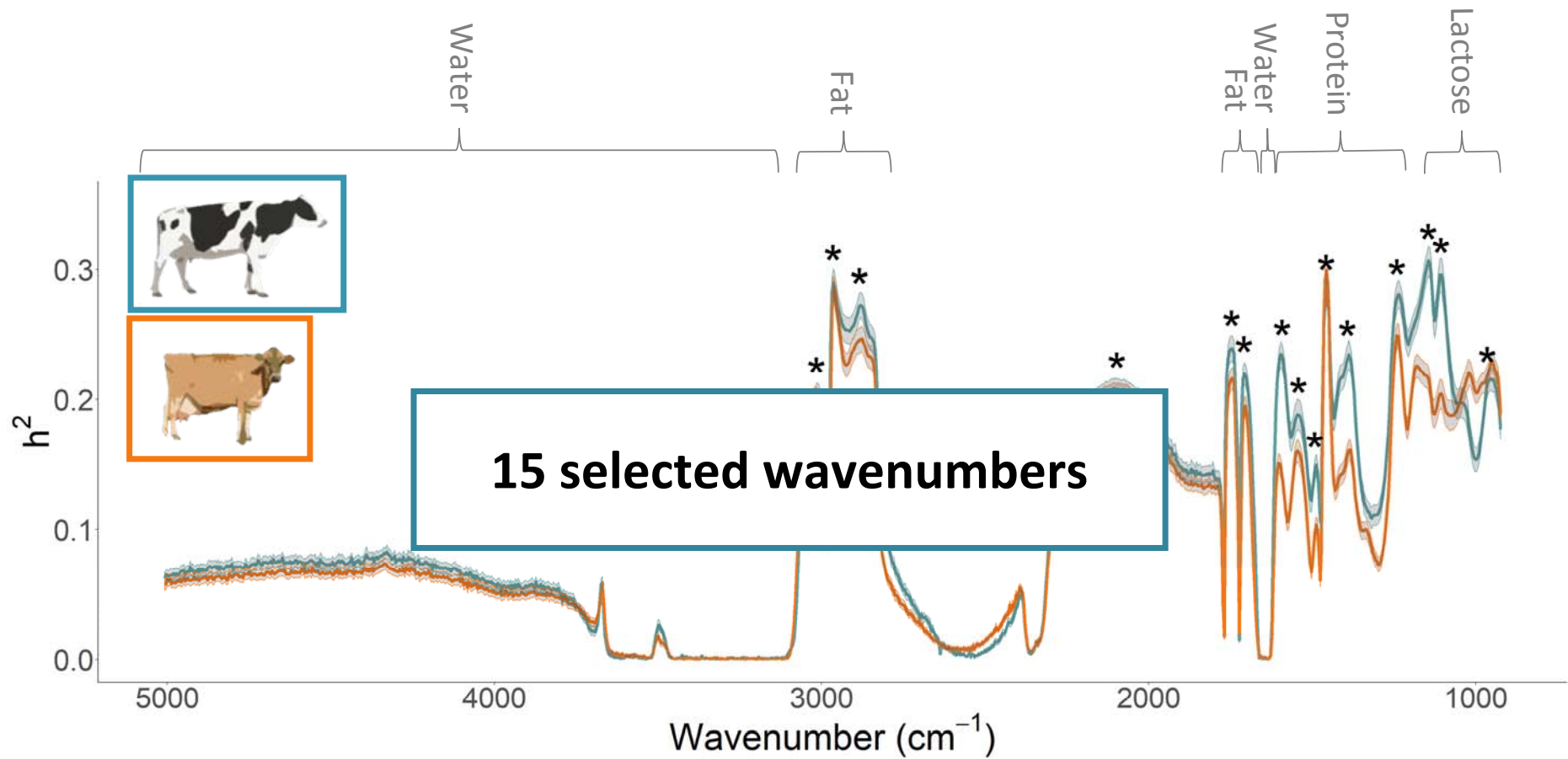
- Similar pattern

Why?

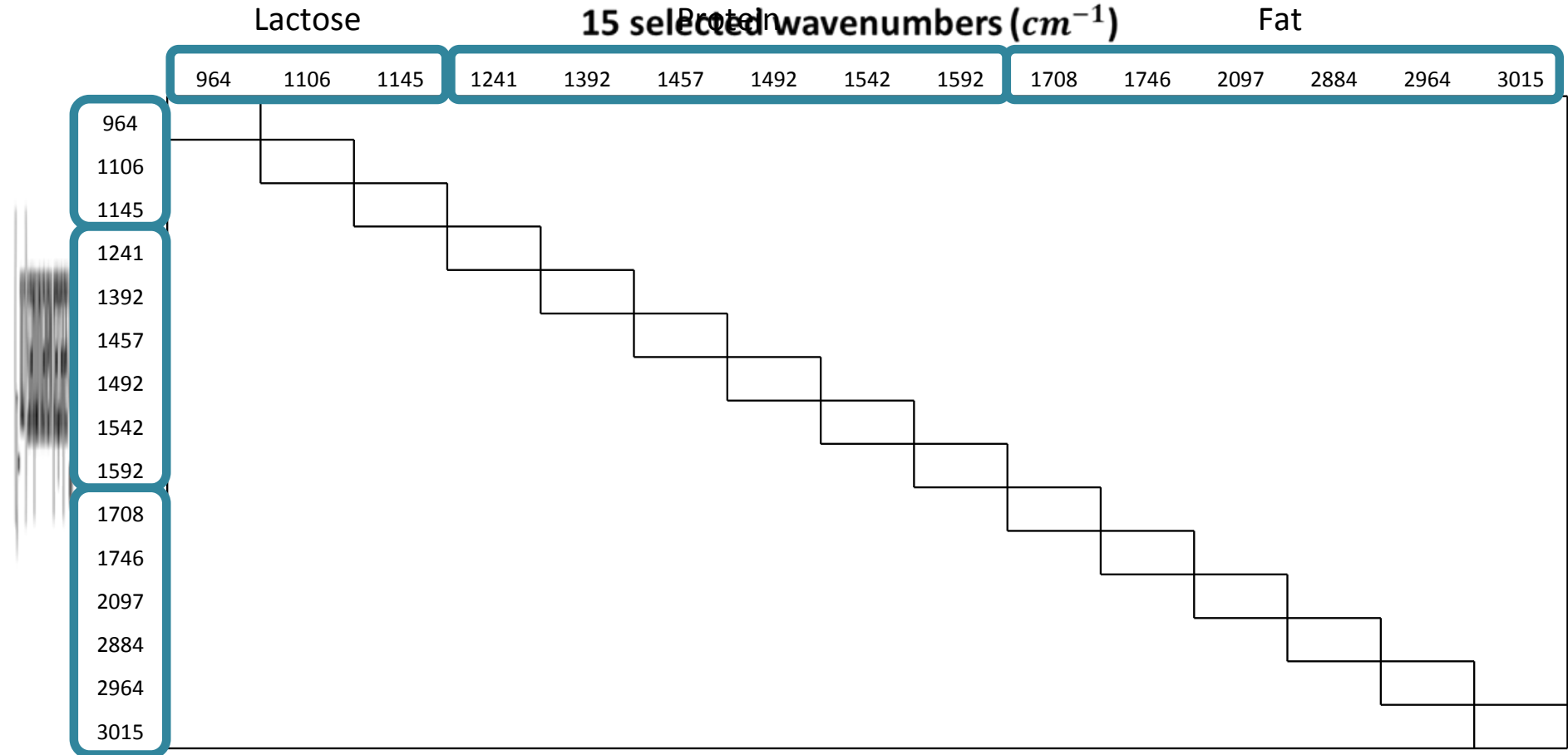
Low heritability estimates

PolMertUK6SO distribution

WAVENUMBER SELECTION



GENOMIC CORRELATION



GENOMIC CORRELATION

	Lactose					Protein					Fat				
	964	1106	1145	1241	1392	1457	1492	1542	1592	1708	1746	2097	2884	2964	3015
964	0,22	-0,33	-0,87	-0,92	0,12	-0,92	0,92	-0,53	0,84	0,96	-0,97	0,96	-0,94	-0,93	0,96
1106		0,20	0,91	0,77	0,58	0,71	-0,11	0,56	-0,37	-0,57	0,41	-0,53	0,76	0,73	-0,20
1145			0,22	0,94	0,23	0,92	-0,81	0,58	-0,84	-0,94	0,91	-0,91	0,95	0,94	-0,84
1241				0,25	0,50	0,97	-0,60	0,91	-0,64	-0,95	0,91	-0,96	0,96	0,96	-0,84
1392					0,16	0,63	0,76	0,85	0,84	0,14	-0,28	0,03	0,20	0,31	0,38
1457						0,30	-0,48	0,94	-0,47	-0,94	0,89	-0,95	0,96	0,96	-0,84
1492							0,10	0,49	0,94	0,92	-0,93	0,91	-0,86	-0,75	0,94
1542								0,16	0,39	-0,54	0,37	-0,67	0,71	0,84	-0,23
1592									0,14	0,88	-0,89	0,85	-0,83	-0,74	0,90
1708										0,19	-0,95	0,97	-0,96	-0,96	0,96
1746											0,22	-0,96	0,94	0,93	-0,96
2097												0,20	-0,96	-0,95	0,95
2884													0,25	0,96	-0,92
2964														0,28	-0,88
3015															0,20

Genomic correlations



GENOMIC CORRELATION



	Lactose					Protein			Fat						
	964	1106	1145	1241	1392	1457	1492	1542	1592	1708	1746	2097	2884	2964	3015
964	0,22	-0,33	-0,87	-0,92	0,12	-0,92	0,92	-0,53	0,84	0,96	-0,97	0,96	-0,94	-0,93	0,96
1106		0,20	0,91	0,77	0,58	0,71	-0,11	0,56	-0,37	-0,57	0,41	-0,53	0,76	0,73	-0,20
1145			0,22	0,94	0,23	0,92	-0,81	0,58	-0,84	-0,94	0,91	-0,91	0,95	0,94	-0,84
1241				0,25	0,50	0,97	-0,60	0,91	-0,64	-0,95	0,91	-0,96	0,96	0,96	-0,84
1392					0,16	0,63	0,76	0,85	0,84	0,14	-0,28	0,03	0,20	0,31	0,38
1457						0,30	-0,48	0,94	-0,47	-0,94	0,89	-0,95	0,96	0,96	-0,84
1492							0,10	0,49	0,94	0,92	-0,93	0,91	-0,86	-0,75	0,94
1542								0,16	0,39	-0,54	0,37	-0,67	0,71	0,84	-0,23
1592									0,14	0,88	-0,89	0,85	-0,83	-0,74	0,90
1708										0,19	-0,95	0,97	-0,96	-0,96	0,96
1746											0,22	-0,96	0,94	0,93	-0,96
2097												0,20	-0,96	-0,95	0,95
2884													0,25	0,96	-0,92
2964														0,28	-0,88
3015															0,20

Genomic correlation > 0.8
or < -0.8

Why so many?

Fat molecules interact with many wavenumbers!

GENOMIC CORRELATION



	Lactose					Protein					Fat				
	964	1106	1145	1241	1392	1457	1492	1542	1592	1708	1746	2097	2884	2964	3015
964	0,22	-0,33	-0,87	-0,92	0,12	-0,92	0,92	-0,53	0,84	0,96	-0,97	0,96	-0,94	-0,93	0,96
1106		0,20	0,91	0,77	0,58	0,71	-0,11	0,56	-0,37	-0,57	0,41	-0,53	0,76	0,73	-0,20
1145			0,22	0,94	0,23	0,92	-0,81	0,58	-0,84	-0,94	0,91	-0,91	0,95	0,94	-0,84
1241				0,25	0,50	0,97	-0,60	0,91	-0,64	-0,95	0,91	-0,96	0,96	0,96	-0,84
1392					0,16	0,63	0,76	0,85	0,84	0,14	-0,28	0,03	0,20	0,31	0,38
1457						0,30	-0,48	0,94	-0,47	-0,94	0,89	-0,95	0,96	0,96	-0,84
1492							0,10	0,49	0,94	0,92	-0,93	0,91	-0,86	-0,75	0,94
1542								0,16	0,39	-0,54	0,37	-0,67	0,71	0,84	-0,23
1592									0,14	0,88	-0,89	0,85	-0,83	-0,74	0,90
1708										0,19	-0,95	0,97	-0,96	-0,96	0,96
1746											0,22	-0,96	0,94	0,93	-0,96
2097												0,20	-0,96	-0,95	0,95
2884													0,25	0,96	-0,92
2964														0,28	-0,88
3015															0,20

Two groups within selection

•Within group **Blue ++**

GENOMIC CORRELATION



	Lactose					Protein				Fat					
	964	1106	1145	1241	1392	1457	1492	1542	1592	1708	1746	2097	2884	2964	3015
964	0,22	-0,33	-0,87	-0,92	0,12	-0,92	0,92	-0,53	0,84	0,96	-0,97	0,96	-0,94	-0,93	0,96
1106		0,20	0,91	0,77	0,58	0,71	-0,11	0,56	-0,37	-0,57	0,41	-0,53	0,76	0,73	-0,20
1145			0,22	0,94	0,23	0,92	-0,81	0,58	-0,84	-0,94	0,91	-0,91	0,95	0,94	-0,84
1241				0,25	0,50	0,97	-0,60	0,91	-0,64	-0,95	0,91	-0,96	0,96	0,96	-0,84
1392					0,16	0,63	0,76	0,85	0,84	0,14	-0,28	0,03	0,20	0,31	0,38
1457						0,30	-0,48	0,94	-0,47	-0,94	0,89	-0,95	0,96	0,96	-0,84
1492							0,10	0,49	0,94	0,92	-0,93	0,91	-0,86	-0,75	0,94
1542								0,16	0,39	-0,54	0,37	-0,67	0,71	0,84	-0,23
1592									0,14	0,88	-0,89	0,85	-0,83	-0,74	0,90
1708										0,19	-0,95	0,97	-0,96	-0,96	0,96
1746											0,22	-0,96	0,94	0,93	-0,96
2097												0,20	-0,96	-0,95	0,95
2884													0,25	0,96	-0,92
2964														0,28	-0,88
3015															0,20

Two groups within selection

• Within group **Blue** ++

• Within group **Orange** +/++

GENOMIC CORRELATION



	Lactose					Protein				Fat					
	964	1106	1145	1241	1392	1457	1492	1542	1592	1708	1746	2097	2884	2964	3015
964	0,22	-0,33	-0,87	-0,92	0,12	-0,92	0,92	-0,53	0,84	0,96	-0,97	0,96	-0,94	-0,93	0,96
1106		0,20	0,91	0,77	0,58	0,71	-0,11	0,56	-0,37	-0,57	0,41	-0,53	0,76	0,73	-0,20
1145			0,22	0,94	0,23	0,92	-0,81	0,58	-0,84	-0,94	0,91	-0,91	0,95	0,94	-0,84
1241				0,25	0,50	0,97	-0,60	0,91	-0,64	-0,95	0,91	-0,96	0,96	0,96	-0,84
1392					0,16	0,63	0,76	0,85	0,84	0,14	-0,28	0,03	0,20	0,31	0,38
1457						0,30	-0,48	0,94	-0,47	-0,94	0,89	-0,95	0,96	0,96	-0,84
1492							0,10	0,49	0,94	0,92	-0,93	0,91	-0,86	-0,75	0,94
1542								0,16	0,39	-0,54	0,37	-0,67	0,71	0,84	-0,23
1592									0,14	0,88	-0,89	0,85	-0,83	-0,74	0,90
1708										0,19	-0,95	0,97	-0,96	-0,96	0,96
1746											0,22	-0,96	0,94	0,93	-0,96
2097												0,20	-0,96	-0,95	0,95
2884													0,25	0,96	-0,92
2964														0,28	-0,88
3015															0,20

Two groups within selection

• Within group **Blue** ++

• Within group **Orange** +/++

• Between group **Blue** and **Orange** -/-- !



GENOMIC CORRELATION

2

	Lactose					Protein				Fat					
	964	1106	1145	1241	1392	1457	1492	1542	1592	1708	1746	2097	2884	2964	3015
964	0,22	-0,33	-0,87	-0,92	0,12	-0,92	0,92	-0,53	0,84	0,96	-0,97	0,96	-0,94	-0,93	0,96
1106		0,20	0,91	0,77	0,58	0,71	-0,11	0,56	-0,37	-0,57	0,41	-0,53	0,76	0,73	-0,20
1145			0,22	0,94	0,23	0,92	-0,81	0,58	-0,84	-0,94	0,91	-0,91	0,95	0,94	-0,84
1241				0,25	0,50	0,97	-0,60	0,91	-0,64	-0,95	0,91	-0,96	0,96	0,96	-0,84
1392					0,16	0,63	0,76	0,85	0,84	0,14	-0,28	0,03	0,20	0,31	0,38
1457						0,30	-0,48	0,94	-0,47	-0,94	0,89	-0,95	0,96	0,96	-0,84
1492							0,10	0,49	0,94	0,92	-0,93	0,91	-0,86	-0,75	0,94
1542								0,16	0,39	-0,54	0,37	-0,67	0,71	0,84	-0,23
1592									0,14	0,88	-0,89	0,85	-0,83	-0,74	0,90
1708										0,19	-0,95	0,97	-0,96	-0,96	0,96
1746											0,22	-0,96	0,94	0,93	-0,96
2097												0,20	-0,96	-0,95	0,95
2884													0,25	0,96	-0,92
2964														0,28	-0,88
3015															0,20

h^2

GENOMIC CORRELATION



	Lactose					Protein				Fat					
	964	1106	1145	1241	1392	1457	1492	1542	1592	1708	1746	2097	2884	2964	3015
964	0,22	-0,33	-0,87	-0,92	0,12	-0,92	0,92	-0,53	0,84	0,96	-0,97	0,96	-0,94	-0,93	0,96
1106		0,20	0,91	0,77	0,58	0,71	-0,11	0,56	-0,37	-0,57	0,41	-0,53	0,76	0,73	-0,20
1145			0,22	0,94	0,23	0,92	-0,81	0,58	-0,84	-0,94	0,91	-0,91	0,95	0,94	-0,84
1241				0,25	0,50	0,97	-0,60	0,91	-0,64	-0,95	0,91	-0,96	0,96	0,96	-0,84
1392					0,16	0,63	0,76	0,85	0,84	0,14	-0,28	0,03	0,20	0,31	0,38
1457						0,30	-0,48	0,94	-0,47	-0,94	0,89	-0,95	0,96	0,96	-0,84
1492							0,10	0,49	0,94	0,92	-0,93	0,91	-0,86	-0,75	0,94
1542								0,16	0,39	-0,54	0,37	-0,67	0,71	0,84	-0,23
1592									0,14	0,88	-0,89	0,85	-0,83	-0,74	0,90
1708										0,19	-0,95	0,97	-0,96	-0,96	0,96
1746											0,22	-0,96	0,94	0,93	-0,96
2097												0,20	-0,96	-0,95	0,95
2884													0,25	0,96	-0,92
2964														0,28	-0,88
3015															0,20

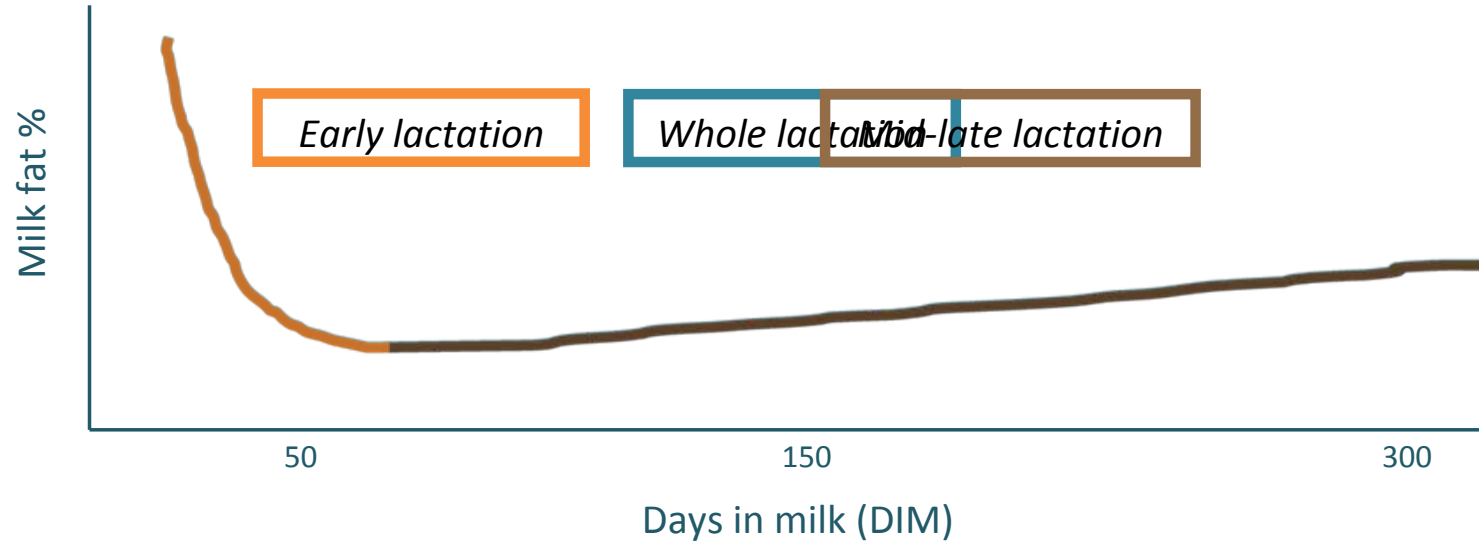
What causes this division?

Lactation stage dependent fatty acids

h^2

- Early lactation → **Body fat mobilization**
- Mid-late lactation → **De novo synthesis**

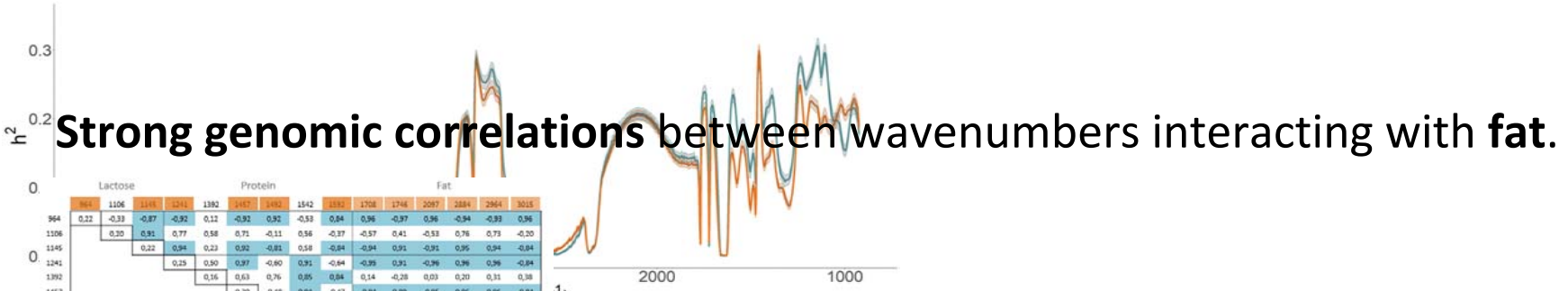
PREDICTION



- Early lactation → **Body fat mobilization**
- Mid-late lactation → ***De novo* synthesis**

CONCLUSIONS

Individual wavenumbers **moderately heritable**.

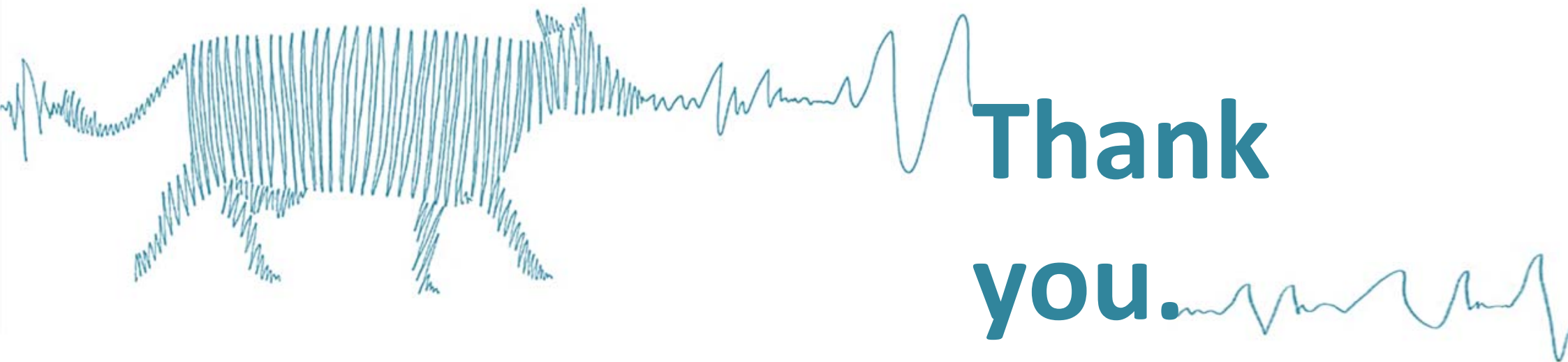


	Lactose					Protein					Fat					
	861	1106	1111	1211	1382	1417	1492	1542	1552	1708	1748	2097	2884	2964	3015	
864	0.22															
1106		0.20														
1145			0.22													
1241				0.22												
1392					0.25											
1457						0.16										
1482							0.30									
1542								0.10								
1552									0.19							
1599										0.19						
1708											0.22					
1748												0.20				
2097													0.25			
2884														0.25		
2964															0.28	
3015																0.20

Genomic correlations suggest **division of wavenumbers into two groups**.

Breed differences present, but small.





Thank
you.



FT-IR SPEKTRE I
MÆLK: GENETISK
VARIATION OG
EFFEKT PÅ
SUNDHED,
FRUGTBARHED OG

Extra slides

Genomic correlation



	Lactose				LGB	Protein	Not to DGAT			Fat					
	964	1106	1145	1241	1392	1457	1492	1542	1592	1708	1746	2097	2884	2964	3015
964	0,22	-0,33	-0,87	-0,92	0,12	-0,92	0,92	-0,53	0,84	0,96	-0,97	0,96	-0,94	-0,93	0,96
1106		0,20	0,91	0,77	0,58	0,71	-0,11	0,56	-0,37	-0,57	0,41	-0,53	0,76	0,73	-0,20
1145			0,22	0,94	0,23	0,92	-0,81	0,58	-0,84	-0,94	0,91	-0,91	0,95	0,94	-0,84
1241				0,25	0,50	0,97	-0,60	0,91	-0,64	-0,95	0,91	-0,96	0,96	0,96	-0,84
1392					0,16	0,63	0,76	0,85	0,84	0,14	-0,28	0,03	0,20	0,31	0,38
1457						0,30	-0,48	0,94	-0,47	-0,94	0,89	-0,95	0,96	0,96	-0,84
1492							0,10	0,49	0,94	0,92	-0,93	0,91	-0,86	-0,75	0,94
1542								0,16	0,39	-0,54	0,37	-0,67	0,71	0,84	-0,23
1592									0,14	0,88	-0,89	0,85	-0,83	-0,74	0,90
1708										0,19	-0,95	0,97	-0,96	-0,96	0,96
1746											0,22	-0,96	0,94	0,93	-0,96
2097												0,20	-0,96	-0,95	0,95
2884													0,25	0,96	-0,92
2964														0,28	-0,88
3015															0,20

Genomic correlations excluded from high correlation pairs

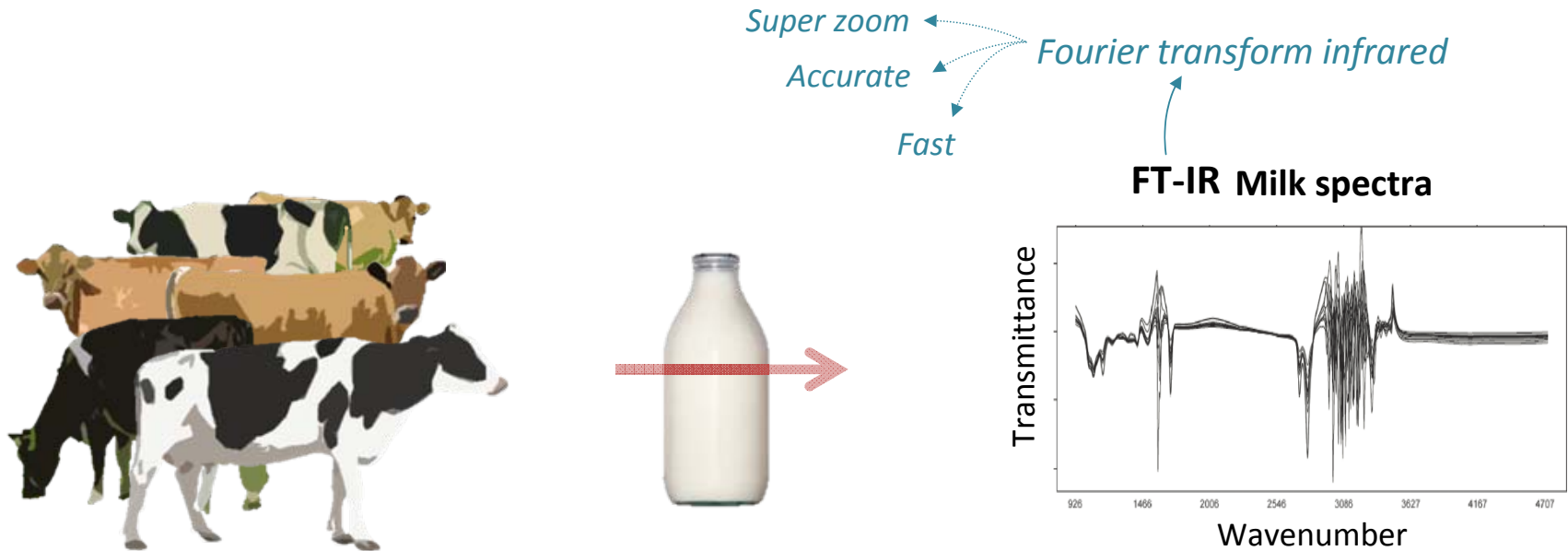
Strong association to Lactose
Why so many!

- Strong association to *LGB*

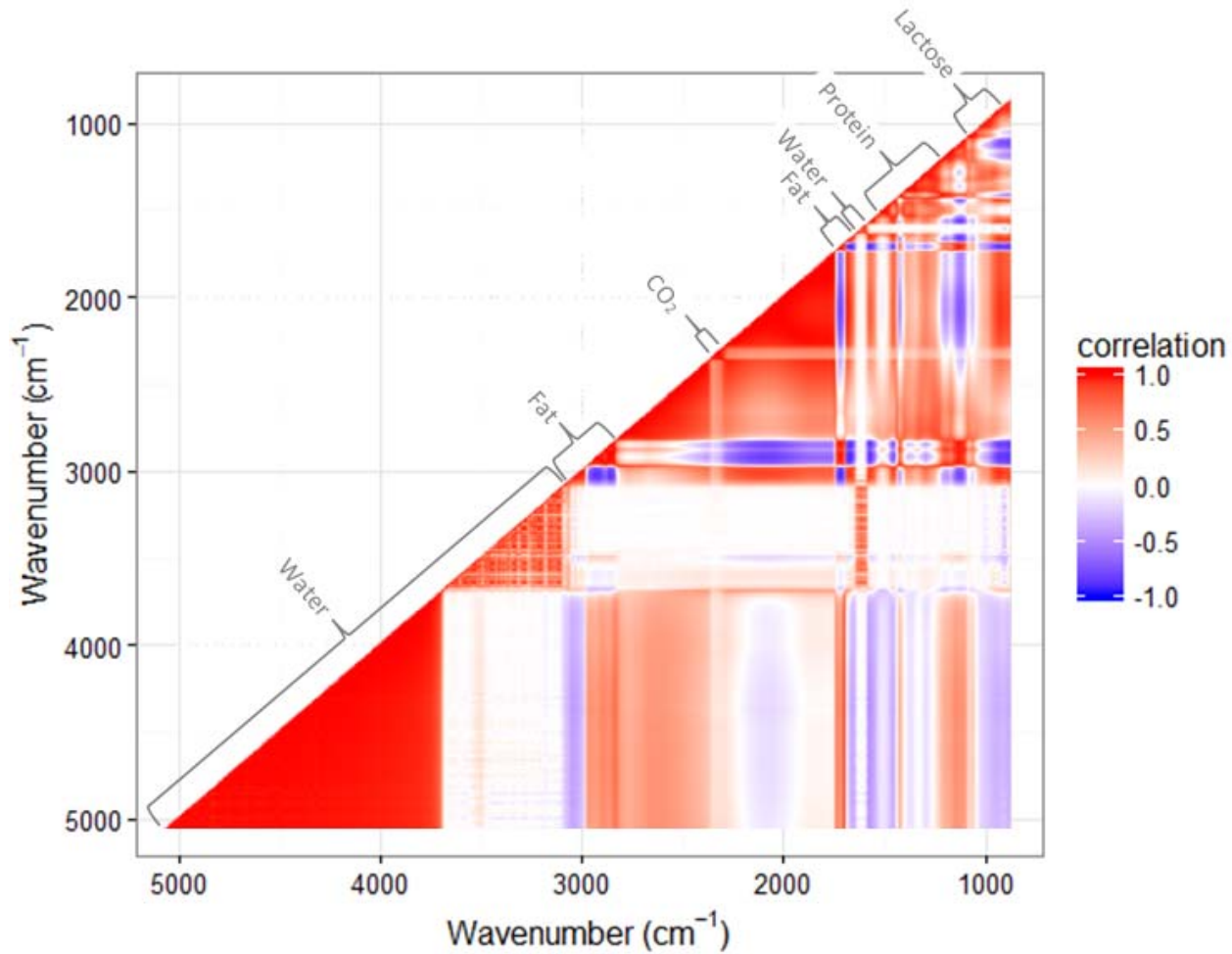
Fat molecules interact with many wavenumbers!

- No association to *DGAT*

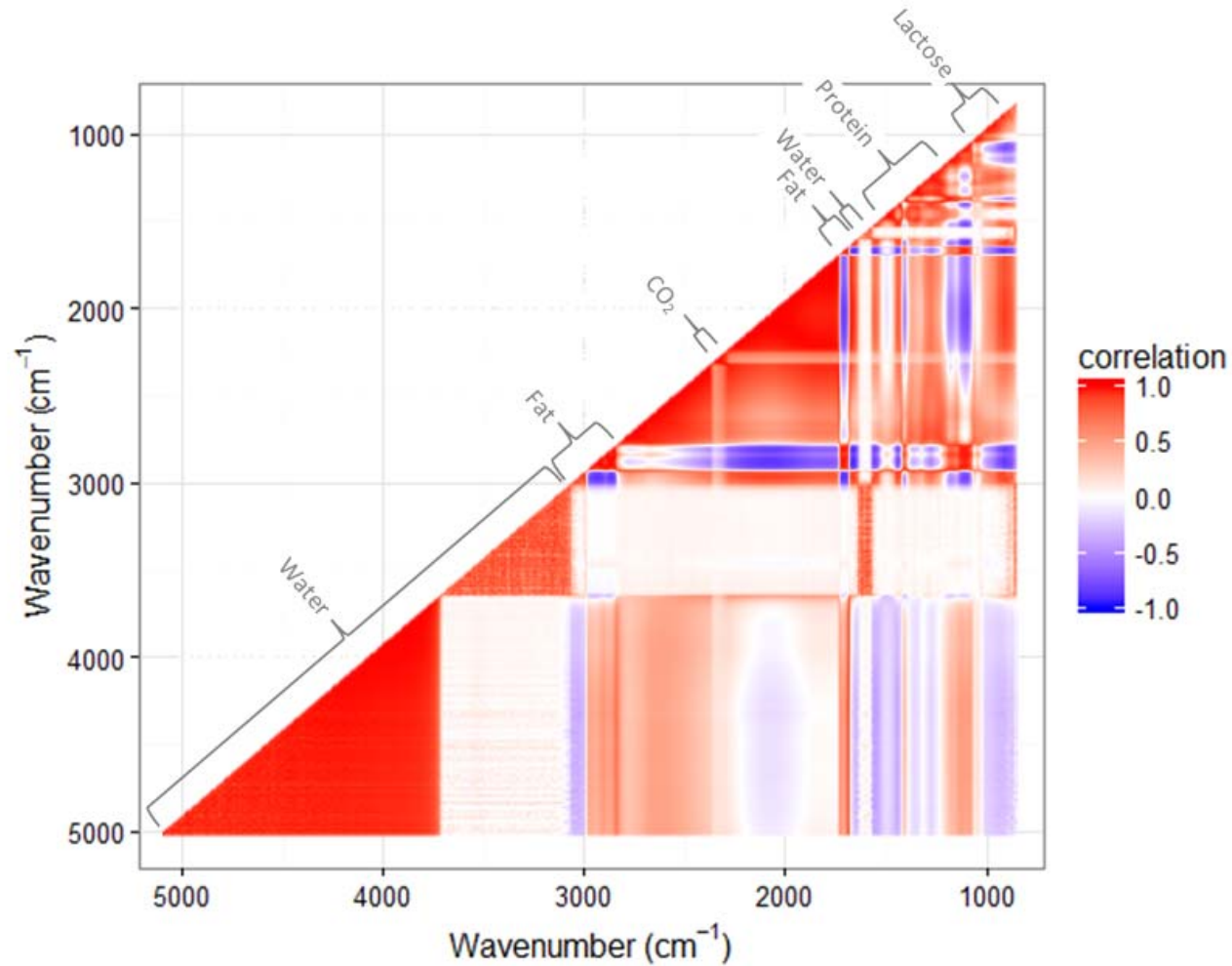
FT-IR milk spectra



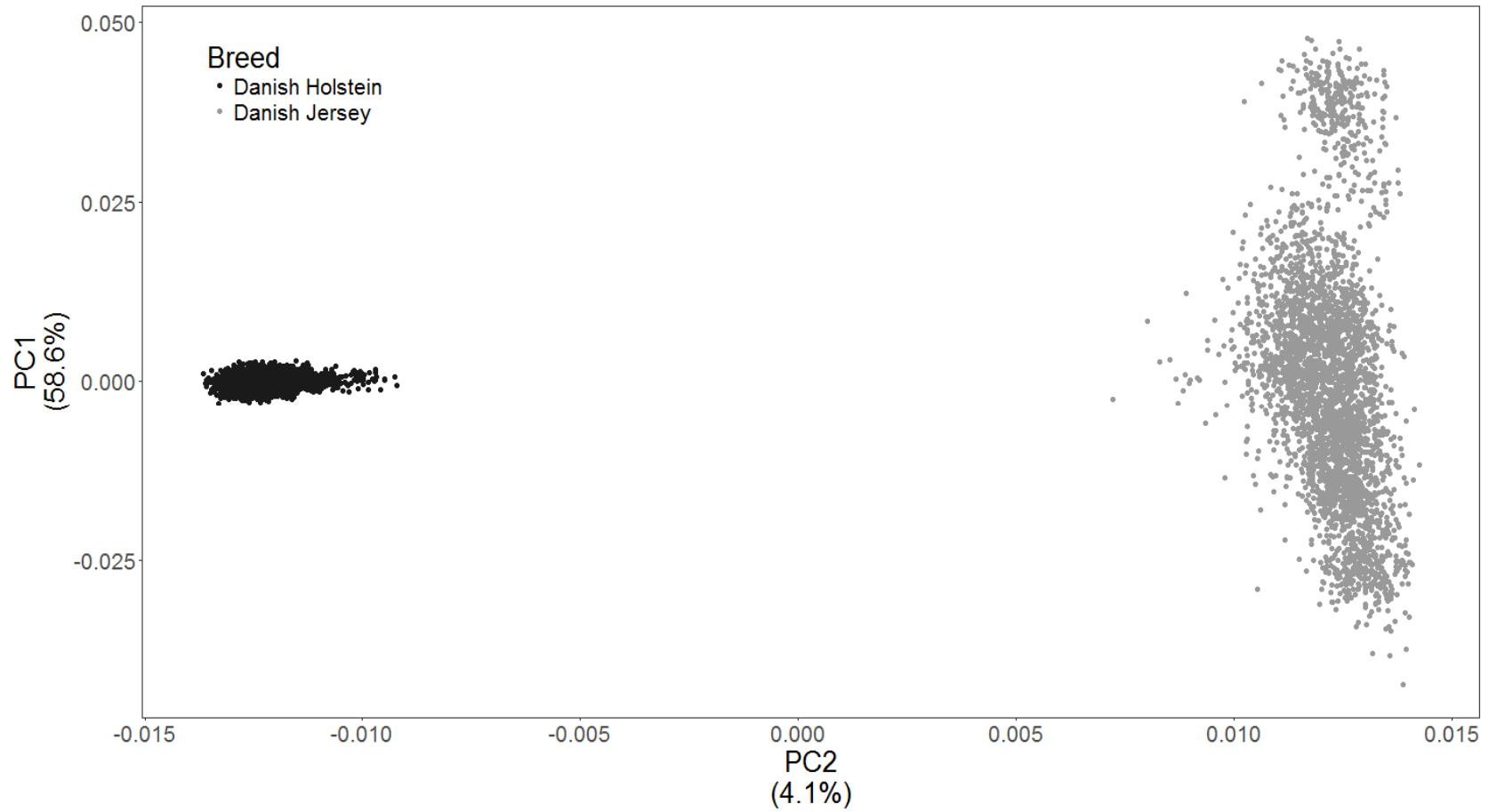
Phenotypic correlations DH



Phenotypic correlations DJ



Genetic PCA



Infrared spectra

