

Agrotechnological Research Institute (ATO-DLO)
P.O. Box 17, 6700 AA Wageningen, The Netherlands

Instituut voor
Agrotechnologisch
Onderzoek
ATO-DLO
Bornsesteeg 59
Postbus 17
6700 AA Wageningen



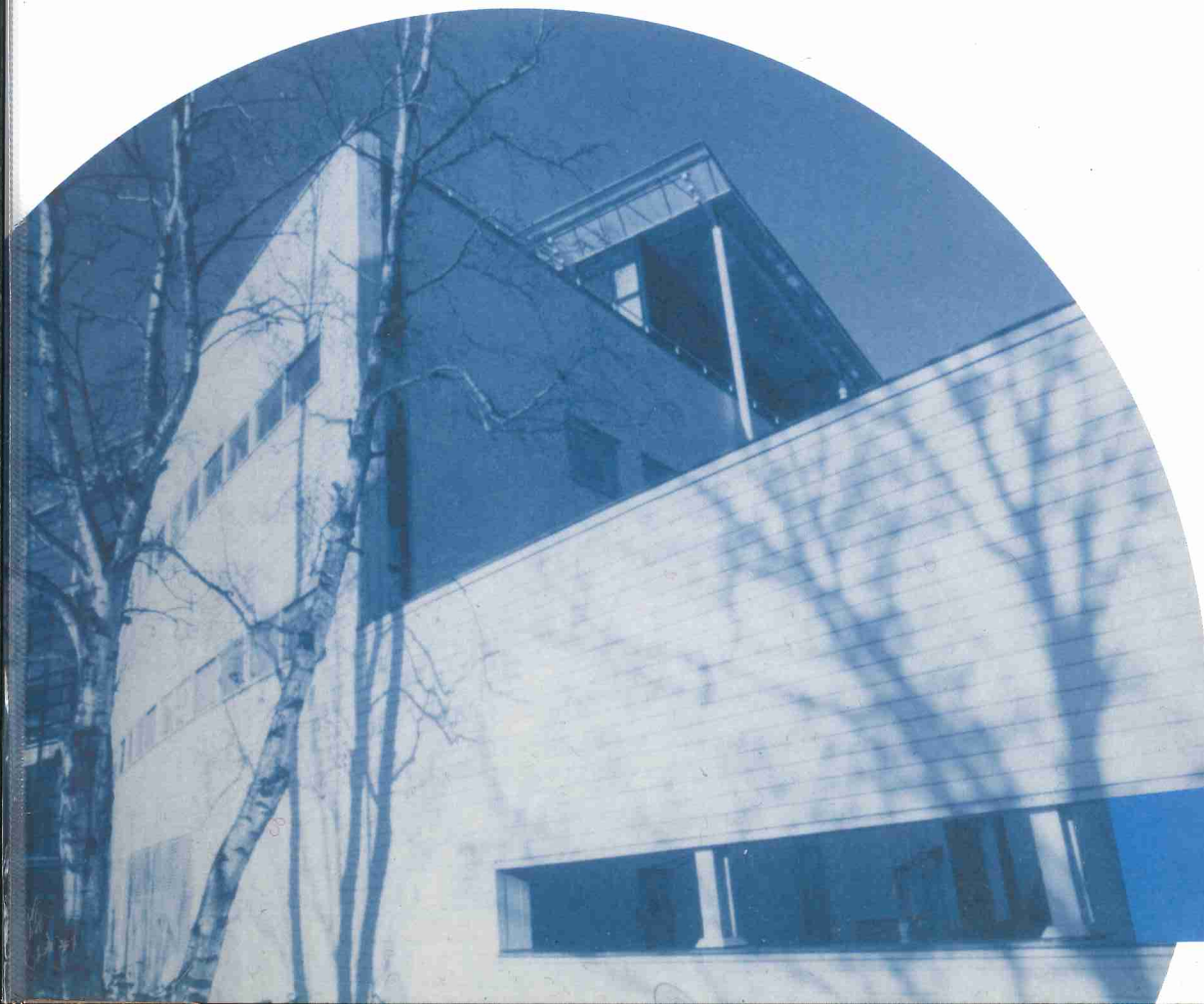
Rapportage in het kader van het DWK 335
project

Literatuuronderzoek naar de verschillen tussen vis, vlees en gevogelte

Jeroen Kals
Dick. Stegeman
Frans Schreurs

Vertrouwelijk

1998-09-14



ato-dlo



ato-dlo

Rapportage in het kader van DWK 335 project

**Een inventarisatie van de verschillen tussen vis,
vlees en gevogelte.**

VERTROUWELIJK

**Instituut voor
Agrotechnologisch
Onderzoek (ato-dlo)**
Bornsesteeg 59
Postbus 17
6700 AA
Wageningen
tel. 0317.475000
fax. 0317.475347

Jeroen Kals
Dick Stegeman
Frans schreurs

*Eigendom van ato-dlo. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermeerderd of
gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van ato-dlo*

Inhoud	pagina
Inleiding.....	3
1 De verschillen in de anatomie van het spierweefsel tussen vis, vlees en gevogelte.	4
1.1 De structuur van het spierweefsel.....	4
2 De nutritionele waarde van vis vergeleken met dat van vlees van andere dierlijke oorsprong.....	9
2.1 Een algemene vergelijking.....	9
2.2 Het verschil in de spiereiwitten tussen visvlees en vlees van warmbloedige landbouwhuisdieren	9
2.3 Het verschil in het collageen tussen visvlees en vlees van landbouwhuisdieren...	11
2.4 Het verschil in de vetten tussen visvlees en vlees van landbouwhuisdieren	13
2.4.1 <i>Het Vetgehalte</i>	13
2.4.2 <i>De Vetsoort</i>	15
2.5 Het verschil in de koolhydraten en rigor mortis tussen visvlees en vlees van landbouwhuisdieren	16
2.6 Het verschil in de NP-N fractie tussen visvlees en vlees van landbouwhuisdieren	17
2.7 Het verschil in de vitaminen en mineralen tussen visvlees en vlees van landbouwhuisdieren	19
3 De verschillen van enzymen tussen visvlees en vlees van andere landbouwhuisdieren	20
3.1 De verschillen van de enzymen tussen de verschillende dieren in het algemeen..	20
3.2 Verschillen tussen dieren met betrekking tot de enzymen van het energie metabolisme	21
3.2.1 <i>De oxidatie van malaat</i>	21
3.2.2 <i>Enzymatische oxidatie van vetten</i>	21
3.3 Verschillen tussen dieren met betrekking tot de proteolytische enzymen.....	22
3.3.1 <i>Alkaline proteases</i>	22
3.3.2 <i>Het neutrale Calcium afhankelijke protease (Calpain)</i>	22
3.3.3 <i>De lysosomale acid proteases (Cathepsinen)</i>	23
3.4 Het TMAO-ase	24
4 De verschillen in het waterbindend vermogen van visvlees en vlees van andere landbouwhuisdieren	25
5. Het verschil in bederf tussen visvlees en vlees van landbouwhuisdieren	27
5.1 Algemene verschillen	27

5.2 Verschillen met betrekking tot bacterieel bederf	27
5.3 Verschillen met betrekking tot enzymatisch bederf.....	28
5.4 Verschillen met betrekking tot chemisch bederf	28
6 Verschillen in productverontreiniging tussen visvlees en vlees van andere landbouwhuisdieren.	30
Literatuur.....	32
Bijlage.....	34

Inleiding

Voor een verwerker van dierlijke producten is het van belang om snel kennis en inzicht te krijgen in de eigenschappen van de te gebruiken grondstoffen. Vooral de verschillen tussen grondstoffen van verschillende soorten dieren zijn belangrijk. In deze inventarisatie is gekeken naar de verschillen en overeenkomsten tussen het vlees van runderen, varkens, kippen, vis en vissoorten onderling. Eerst wordt ingegaan op het verschil in de anatomie van het spierweefsel gevolgd door de verschillen in de nutritionele eigenschappen, de verschillen van de enzymen, het waterbindend vermogen, het bederf, de productverontreiniging en eventuele andere verschillen tussen vlees van vis en vlees van andere dierlijke oorsprong.

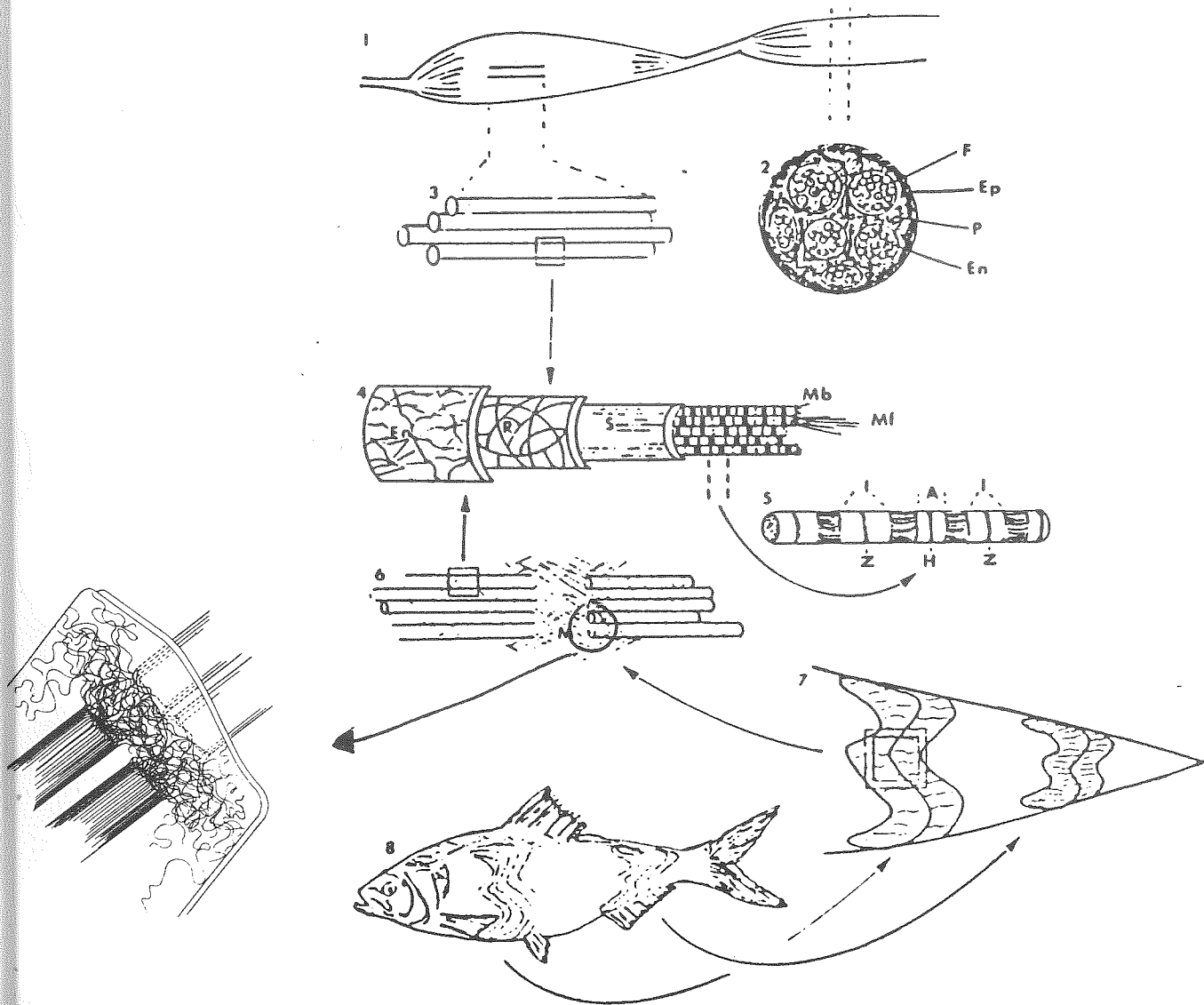
1 De verschillen in de anatomie van het spierweefsel tussen vis, vlees en gevogelte.

1.1 De structuur van het spierweefsel

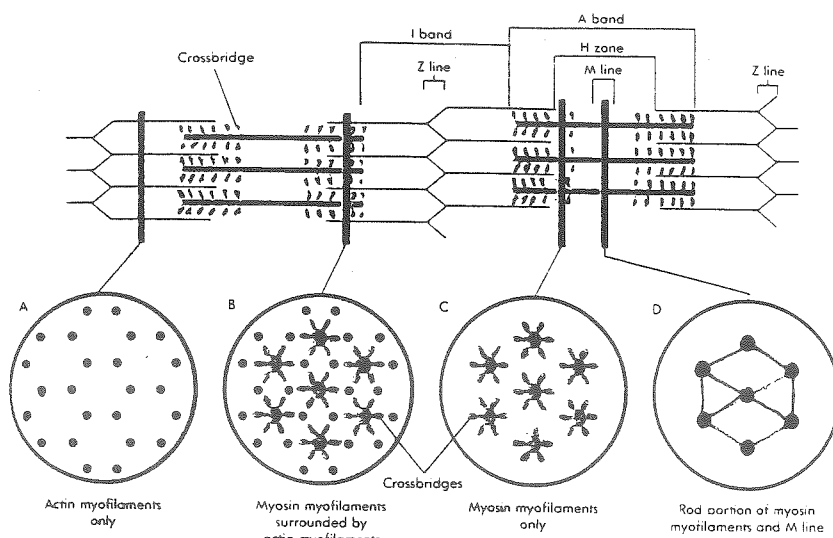
De structuur van het spierweefsel van landbouwhuisdieren komt erg met elkaar overeen. Een spier is omgeven door een bindweefselvlies, het epimysium, dat in beide uiteinden van de spier uitmond in een pees, waarmee de spier wordt verbonden met het skelet. Een spier bestaat uit meerdere spierbundels, ieder omgeven door het perimysium. Een spierbundel is opgebouwd uit vele spiervezels elk omgeven door het endomysium, reticulum en sacrolemma (celmembraan). Een spiervezel bestaat weer uit meerdere spiercellen opgebouwd uit celkernen, celorganellen en myofibrillen, de contractiele elementen van een spier. Het spierweefsel van een vis is anatomisch gezien geheel anders opgebouwd en bestaat uit W-vormige myosepten of myomeren (spiersegmenten) en myocommata (bindweefselsschotten). De myomeren bestaan uit vele spiervezels elk omgeven door respectievelijk het endomysium, reticulum en sacrolemma. Een spiervezel bestaat weer uit meerdere spiercellen die opgebouwd zijn uit celkernen, celorganellen en tussen de 1000 en 2000 myofibrillen. De myofibrillen hebben iedere een doorsnede van 1-2 μm . In figuur 1 is bovenstaande visueel weergegeven.

De lengte van een spiervezel kan enorm variëren. In warmbloedige landbouwhuisdieren is de lengte afhankelijk van het soort spier en varieert van enkele mm tot meerdere cm. Bij visvlees is de lengte van de spiervezels veel korter en afhankelijk van de lengte van het myomeer. De lengte van het myomeer verschilt met de plaats van het myomeer in de vis (Love, 1988). Het langste spiersegment bevindt zich in het midden van de vis, waarna de lengte zowel in de richting van de kop als van de staart afneemt. Een spiervezel in visvlees kan meerder mm lang worden. De diameter van een spiervezel kan ook sterk variëren. Spiervezels van landdieren kunnen variëren van 10 tot 100 μm , vissen bezitten spiervezels met een grotere diameter, afhankelijk van de soort, variërend van 50 tot 250 μm (Lampila, 1990). De diameter van een spiervezel in visvlees is gerelateerd met de ligging van de spiervezel in de vis (Love, 1988). De diameter is het kleinst rond de kop en staart gedeelte. Zowel de lengte als de diameter van de spiervezels nemen toe naarmate de vis ouder wordt.

De bouw van een myofibril is zowel voor de warmbloedige landbouwhuisdieren als de vissen gelijk. Een myofibril bestaat uit meerdere sacromeren. Het sacromeer is opgebouwd uit dikke myosine (1.5 μm lang en een diameter van 12-16 nm) en bevat de ATP-ase activiteit en dunne actine (diameter van 8nm) filamenten. In het sacromeer zijn verschillende delen te onderscheiden, waaronder de A band, I band, H zone, M lijn en Z lijn. De bouw van het sacromeer is visueel weergegeven in figuur 2.



Figuur 1: 1) In landdieren loopt de spier tabs toe en eindigt vervolgens in een pees. 2) In een doorsnede valt te zien dat de spier bestaat uit spierbundels (facicles F) en het bindweefsel als epimysium (Ep), perimysium (P) en het endomysium (En). 3) De spiermassa bestaat uit in de lengte richting georiënteerde spiervezels, die opgebouwd zijn uit (4) myofilamenten (MF) georiënteerd in myofibrillen (mb) omgeven door het sarcolemma (S), ritculin en het endomysium (En). Een myofibril bestaat weer uit meerdere sarcomeren, het uiteindelijke contractiele element van de spier. De vis (8) is opgebouwd uit W-vormige spiersegmenten (7) die door de myomemata (6) met elkaar verbonden zijn. Vanaf de spiervezel (4 & 5) is de bouw voor de vis en voor de landdieren hetzelfde (Lampila, 1990). Als verduidelijking is de binding tussen de spiersegmenten en myomemata vergroot weergegeven (Love, 1988).



Figuur 2: De bouw van het sacrameer met daarbij een viertal doorsneden; A) Een doorsnede op de plaats van de I-band waar alleen de actine filamenten voorkomen, B) Een doorsnede op een plaats waarbij duidelijk overlap aanwezig is tussen de actine en myosine filamenten. C) Een doorsnede op de plaats van de H zone, waar alleen de myosine filamenten voorkomen. D) Een doorsnede op de M lijn in het midden van het sacrameer (Schauf et al, 1990).

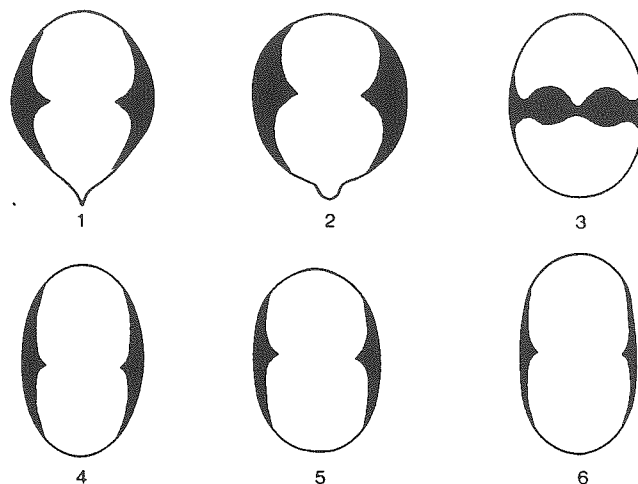
1.2 Het soort spierweefsel, indeling en voorkomen.

Het spierweefsel van gewervelde dieren is opgebouwd uit rode, witte en een intermediare vorm van witte en rode spiervezels, waarbij de witte spiervezels overheersen. De rode spiercellen zijn langzaam, duurzaam en aëroob en dienen voor ritmische bewegingen zoals zwemen en lopen. Rode spiercellen bevatten hoge concentraties aan enzymen, grote aantallen mitochondriën, myoglobine en zijn klein voor een optimale gasdiffusie. De witte spiercellen zijn snel, snel uitgeput en anaëroob en dienen vooral voor een vluchtreactie. De intermediare spieren als tussenvorm tussen de rode en witte spiercellen zijn aëroob en worden ook wel de snelle rode spieren genoemd. Witte spiercellen bevatten weinig myoglobine, weinig mitochondriën en veel glycogeen, de voornaamste brandstof van de witte spiercellen. Het rode spierweefsel is over het algemeen rijker aan vitaminen en mineralen verder bevatten zowel de snelle als de langzame rode spiercellen een hoog gehalte aan vet dat gelijk de belangrijkste brandstof is voor beide aërobe spiertypen.

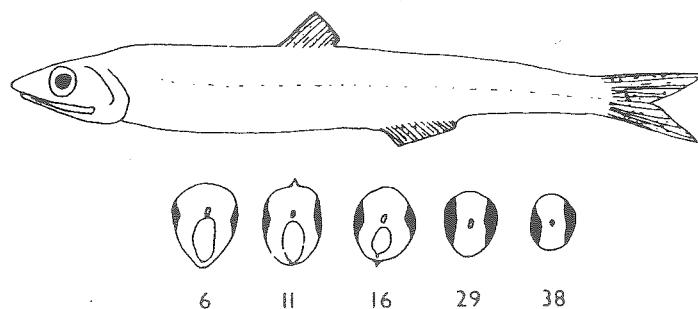
Zalmachtige bezitten ook een mengvorm van rood en wit spierweefsel het zogenaamde mozaïek spierweefsel, waarbij de rode en witte spiercellen naast elkaar voorkomen, als het equivalent voor het witte spierweefsel (Love, 1988). Hoewel bij alle gewervelde diersoorten de witte spiervezels domineren is alleen het spierweefsel van de borstspier van de kip en het spierweefsel van de vis echt wit. Het spierweefsel van gevogelte is meestal roze en dat van zoogdieren meestal roze tot rood. De rood roze kleur van het spierweefsel wordt veroorzaakt door het myoglobine en hemoglobine. De roze kleur van het mozaïek spierweefsel in zalmvlees wordt veroorzaakt door de rode carotenoïde astaxanthine. In de meeste warmbloedige dieren komen de witte en rode spieren naar

willekeur in de spier voor. Een uitzondering bij de zoogdieren is het varken, waarbij het rode spierweefsel centraal in de spier ligt met daarom heen het witte spierweefsel. De verhouding tussen het witte en rode spierweefsel in het varken verandert met de plaats van de spier; in de perifere gedeelten overheerst het witte spierweefsel, in het centrale gedeelte van de spier overheerst het rode spierweefsel. Bij gevogelte is de kip een uitzondering, de borstspier van de kip blijkt volledig opgebouwd te zijn uit wit spierweefsel (Schreurs, 1998).

Bij vissen is het rode en witte spierweefsel duidelijk van elkaar gescheiden en ligt het rode spierweefsel meestal tussen de huid en het witte spierweefsel. De tonijnachtige, waarbij veel rood spierweefsel geconcentreerd ligt rondom de wervelkolom, zijn hierop een uitzondering. De verhouding tussen de hoeveelheid rood en wit spierweefsel is afhankelijk van de activiteit van de vissoort. Het spierweefsel van pelagische vissoorten, zoals haring en makreel die continue zwemmen, bestaat voor maximaal 48% uit rood spierweefsel, terwijl het spierweefsel van bodemvissen, zoals kabeljauw en platvis die periodiek zwemmen, maar voor enkele procenten uit rood spierweefsel bestaat. Voor een indruk van de verdeling van het rode en witte spierweefsel in visvlees zijn in figuur 3 een aantal doorsneden van verschillende soorten weergegeven. Figuur 4 laat zien dat de verdeling tussen het witte en rode spierweefsel ook in de lengte richting van de vis verschilt. Ook bij warmbloedige dieren is de verhouding tussen de rode, intermediare en witte spiervezels afhankelijk van de activiteit van het dier. Zo bestaan de borstspieren van trekvogels (zeer actief) voor het grootste deel uit langzaam rood spierweefsel, de borstspieren van standvogels (actief) voornamelijk uit intermediair spierweefsel en bevatten de borstspieren van hoenders (inactief) voornamelijk wit spierweefsel.



Figuur 3: Doorsneden van verschillende vissoorten voor een indruk van de ligging en de verdeling van het rode spierweefsel. (1) Haring, (2) Makreel, (3) Tonijn, (4) Schelvis, (5) Kabeljauw en (6) Wijting (Love, 1988).



Figuur 4: Het veranderende patroon van het rode spierweefsel over de lengterichting van de Ansjovis. De getallen geven het percentage rode spierweefsel van het totale spierweefsel weer (Love, 1988).

2 De nutritionele waarde van vis vergeleken met dat van vlees van andere dierlijke oorsprong

2.1 Een algemene vergelijking

Voor een grove vergelijking van de nutritionele waarde van vis met dat van rund en kippenvlees is het gemiddelde water, eiwit, vet en energie gehalte weergegeven in tabel 1. Voor meer informatie met betrekking tot de voedingswaarde van verschillende dierlijke producten wordt verwezen naar de bijlage "FoodData".

Tabel 1: De gemiddelde compositie¹ en energiewaarde² van een aantal vissoorten vergeleken met rundvlees, kippenvlees en rijst. (Huisman, 1991) *Uit Fooddata.

Soort	% water	% eiwit	% vet	Energie in kJ/g
Haring	68.3	18.3	12.5	8.0
Sardine	50.8	21.1	27.0	14.1
Pacifische Zalm	65.0	17.4	16.5	9.3
Makreel	81.0	11.0	6.2	4.3
Tonijn	53.3	23.8	20.9	12.1
Kabeljauw	85.4	14.6	0.6	5.5
Paling vet	51.3	18.6	32.9	2.5
Paling mager	70.2	13.4	9.1	13.7
Karper	78.2	15.8	4.8	4.1
Baars	78.1	18.5	1.4	3.4
Meerval	76.9	16.4	5.4	6.0
Rundvlees	61.3	19.0	19.1	9.7
Varkensvlees*	51.0	13.9	35.1	15.7
Schapenvlees	64.4	18.8	16.4	10.7
Kippenvlees	63.7	19.3	16.3	8.7
Rijst	13.2	7.0	0.9	17.7

1) $100\% - (\text{water} (\%) + \text{eiwit} (\%) + \text{vet} (\%)) = \text{koolhydraten} + \text{as}$.

2) $1 \text{ kJ} = 0.2390 \text{ kcal}$.

Een uitgebreide vergelijking van de nutritionele waarde en specifieke eigenschappen van visvlees en vlees van warmbloedige landbouwhuisdieren wordt in onderstaande paragrafen besproken.

2.2 Het verschil in de spiereiwitten tussen visvlees en vlees van warmbloedige landbouwhuisdieren

Het eiwitgehalte van visvlees ligt gemiddeld tussen de 155 en 180 gram per kg wat lager is dan het eiwitgehalte van het vlees van landbouwhuisdieren, dat ligt rond de 200 gram per kg (Ruiter, 1986). Het eiwitgehalte van visvlees kan tijdens het paairijp worden zelfs dalen tot 120 gram per kg. Omdat het vet, eiwit, collageen en water gehalte sterk gecorreleerd zijn neemt het water, vet en collageen gehalte toe bij een daling van het eiwitgehalte. Omgekeerd daalt het eiwitgehalte bij een toename van het lichaamsvet. De gemiddelde eiwitgehalten voor respectievelijk rundvlees, varkensvlees, gevogelte en vis zijn 20%, 18%, 18% tot 20% en 12% tot 18% (Krol et al., 1990). Voor gedetailleerde

informatie met betrekking tot het eiwitgehalte van dierlijke producten wordt verwezen naar de bijlage "Fooddata". De eiwitten in het spierweefsel kan men indelen in myofibrilaire (actine, myosine, titine, tropomyosine en actomyosine), sacroplasmatische (myoalbumine, globuline en enzymen), en stroma (extracellulaire) of bindweefsel (collageen en elastine) eiwitten. De verhouding tussen deze eiwitten in een aantal vissoorten en dat van zoogdieren is weergegeven in tabel 2.

Tabel 2. De gemiddelde verdeling in procenten van het totale spierweefsel in sacroplasmatisch, myofibrilair en stroma eiwitten van kabeljauw, platvis, karper en dat van zoogdieren (Lee, 1992), *(Skaara and Regenstien, 1990).

Soort	Sacroplasmatisch	Myofibrilair eiwit	Stroma eiwit
Kabeljauw	21	76	3
Platvis	18-24	73-79	3
Karper	23-25	70-72	5
Zoogdieren*	30-34	50-55	10-15
Konijn/Rund	16-28	39-68	16-28

Myofibrilair eiwit is voornamelijk opgebouwd uit actine (30%) en myosine (60%), maar bestaat ook nog uit de cytoskeletaire eiwitten titine en desmine (samen 8-10%) (Schreurs, 1998). De samenstelling van het myosine is voor alle vertebraten gelijk. Verschillen in molecuul gewicht en chemische eigenschappen tussen myosine van vis en het konijn zijn klein (Skaara en Regenstien, 1990). De denaturatie temperatuur van myosine ligt tussen de 40-60 °C volgens Martens et al.,(1982), tussen de 54-58 °C volgens Barbut and Findlay,(1991) en volgens Krol et al.,(1990) rond de 65 °C. De denaturatie temperatuur van actine ligt volgens Krol et al.,(1990) tussen de 75 °C en 80 °C, volgens Barbut and Findlay,(1991) tussen de 71-83°C en volgens Martens et al.,(1982) tussen de 66-73°C. De denaturatie van titine vindt bij lagere temperaturen plaats. De extractie van vis myosine gaat moeilijker dan bij andere gewervelde dieren voornamelijk door de hoge extractabiliteit van het vis actine (Skaara en Regenstien, 1990). Het iso-elektrisch punt van myofibrilair eiwit ligt rond een pH van 4.5 tot 5.5 (Krol et al., 1990).

Het aminozuurpatroon van viseiwit verschilt weinig met dat van andere dierlijke eiwitten, echter sommige vissoorten, zoals roodbaars bezitten een hoog (140 mg per kg eiwit) lysine gehalte (Ruiter, 1986; Krol et al., 1990). De aminozuur samenstelling van vis, melk, rundvlees en eieren is weergegeven in tabel 3. Voor meer gedetailleerde informatie met betrekking tot de aminozuur samenstelling van pluimvee, varkens, rund en visvlees wordt verwezen naar de bijlage "FoodData"

Tabel 3: Het gemiddelde gehalte van de essentiële aminozuren in procenten van het totaal aan aminozuren in het eiwit van vis, melk, rundvlees en eieren (Huss, 1988).

Aminozuur	Vis	Melk	Rundvlees	Eieren
Lysine	8.8	8.1	9.3	6.8
Tryptofaan	1.0	1.6	1.1	1.9
Histidine	2.0	2.6	3.8	2.2
Phenylalanine	3.9	5.3	4.5	5.4
Leucine	8.4	10.2	8.2	8.4
Isoleucine	6.0	7.2	5.2	7.1
Treonine	4.6	4.4	4.2	5.5
Methionine/cysteine	4.0	4.3	2.9	3.3
Valine	6.0	7.6	5.0	8.1

2.3 Het verschil in het collageen tussen visvlees en vlees van landbouwhuisdieren

De microstructuur van het bindweefsel is voor alle soorten vlees hetzelfde. Een groot verschil tussen warmbloedige dieren en vissen is dat het collageen netwerk bij warmbloedige verandert met de leeftijd van het dier. Bij een toename van de leeftijd neemt de dikte van het epimysium toe en stijgt het gehalte aan hydroxyproline en het aantal cross linken in het collageen, waardoor de oplosbaarheid sterk afneemt en het collageen taaier wordt. Bij vissen wordt het collageen netwerk jaarlijks geleidelijk vervangen, het wordt niet minder oplosbaar het collageen wordt niet taaier naarmate de vis een hogere leeftijd bereikt. De oplosbaarheid van het viscollageen is wel afhankelijk van het leefgebied van de vis. In het algemeen geldt dat hoe dieper en kouder de leefomgeving van de vis hoe groter de oplosbaarheid.

Het collageen of bindweefsel bestaat voor het grootste gedeelte uit tropocollageen, een eiwit dat is opgebouwd uit de aminozuren glycine, proline en hydroxyproline. Bij warmbloedige dieren is het meeste bindweefsel verwerkt in de pezen en bindweefselvliezen rondom de spier. Bij vissen bevindt het meeste collageen (Ichthyocollageen) zich net onder de huid en in de myocommata of bindweefselvliezen tussen de myosepten. Het Ichthyocollageen denatureert veel sneller dan het collageen van warmbloedige landbouwhuisdieren. De denaturatie temperatuur van viscollageen is afhankelijk van de vissoort en ligt tussen de 15 °C en de maximale omgevingstemperatuur waarbij nog vissen kunnen leven. De denaturatie temperatuur van het collageen van warmbloedige dieren ligt volgens Martens et al., (1982) tussen de 56-62°C en volgens Barbut and Findlay, (1991) tussen de 65-67 °C De denaturatie temperatuur van het collageen van kabeljauw en heek is weergegeven in Tabel 5:

Tabel 5: De thermische denaturatie temperatuur T_d in °C van het in zuuroplosbare viscollageen van zowel de myocommata als de huid van heek en kabeljauw (Sikorski, 1984).

Vissoort	T_d van de myocommata	T_d van de huid
Heek (stokvis)	19.5	19.4
Kabeljauw	15.3	15.0

De krimptemperatuur van viscollageen is soort specifiek en ligt gemiddeld 20 °C lager dan dat van het collageen van zoogdieren. De denaturatie en krimp temperatuur van het Ichthyocollageen zijn net als de oplosbaarheid afhankelijk van de leefomgeving van de vis. De denaturatie en krimp temperatuur daalt wanneer de habitat van de vis dieper en kouder wordt.

Het gehalte aan collageen is in visvlees veel lager dan dat van landbouwhuisdieren. Het collageen gehalte verschilt met de anatomische herkomst, de soort, de leeftijd, de voedingsstatus en het seizoen, maar gemiddeld vindt men bij Rund en Varkensvlees dat ongeveer 12.5% van de spiermassa bestaat uit collageen. Bij visvlees is dit ten hoogste 5% (Ruiter, 1986). Een uitzondering hierop zijn de kraakbeenvissen, zoals haaiachtige en steuren, die ten hoogste 10% collageen bevatten (Huss, 1988). Bij vissen is de voedingsstatus en het seizoen sterk met elkaar gerelateerd door het jaarlijkse terugkerende paringsritueel. Het collageen gehalte in kabeljauw, na verwijdering van de huid, ligt rond de 2%, maar stijgt sterk tijdens het kuitrijp worden van de vis tot

maximaal 5%. Het verschil in collageen gehalte per soort is bij vissen voornamelijk gerelateerd aan de manier van zwemmen. Er wordt onderscheid gemaakt in drie vormen:

- a) De Anguilla vorm, waarbij tijdens het zwemmen het gehele lichaam wordt gebruikt en de maximale amplitude zich, zoals bij een slang, over het gehele lichaam voortplant. De aal is hiervan het beste voorbeeld.
- b) De Subcarangi vorm, waarbij tijdens het zwemmen het gehele lichaam wordt gebruikt, maar de maximale amplitude zich slecht voortplant door het achterste derde deel van het lichaam. Het voorste tweederde deel volgt slechts met een geringe amplitude. Karperachtige en salmoniden vallen onder deze vorm.
- c) De Carangi vorm, waarbij alleen het staartgedeelte deelneemt aan de zwembeweging. Tonijn, makreel en sardineachtige vallen onder deze groep.

De vissoorten uit groep a bevatten het hoogste collageen gehalte, dat varieert van 1.1% tot 2.2% met een gemiddelde van 1.5% van het totale lichaamsgewicht. Groep b zit lager met collageen gehalten die liggen tussen de 0.4% en 1.2% met een gemiddelde van 0.8% van het totale lichaamsgewicht. Vissoorten uit de Carangi vorm bezitten het laagste collageen gehalte dat schommelt tussen de 0.3% en 0.5% van het totale lichaamsgewicht (Lampila, 1990).

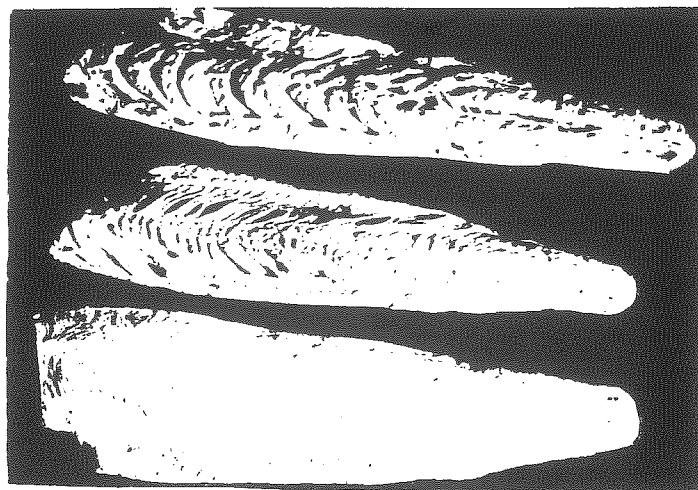
In tegenstelling tot het bindweefsel van warmbloedige dieren, dat veel elastine met een hoger gehalte aan hydroxyproline bevat, verandert tijdens verhitting het meeste collageen in het spierweefsel van de vis in oplosbaar collageen of gelatine. Visvlees is hierdoor malser en lichter verteerbaar dan vlees (Ruiter, 1986). Ook bevat viscollageen een hoger gehalte aan essentiële aminozuren, waardoor de biologische waarde hoger ligt dan dat voor het collageen van landdieren. In het algemeen geldt dat hoe hoger het gehalte aan hydroxyproline in het collageen hoe meer hitte stabiel het collageen (Sikorski, 1984). In tabel 6 wordt voor een aantal vissoorten het percentage hydroxyproline van het collageen en de krimp temperatuur weergegeven. De positieve correlatie tussen het stijgen van het gehalte aan hydroxyproline in het collageen en het stijgen van de krimp temperatuur van het collageen komt uit tabel 6 duidelijk naar voren.

Tabel 6: Het gehalte van hydroxyproline als % van het totale collageen en de krimp temperatuur van de huid van verschillende vissoorten. (Sikorski, 1984).

Vissoort	Hydroxyproline als % van het collageen	Krimp temperatuur in °C.
Kabeljauw (<i>Gadus macrocephalus</i>)	7.7	40.01
Alaska Pollak (<i>Theragra chalogramma</i>)	8.2	38.1-38.6
Diepzee haai (<i>Centroscyllium owstoni</i>)	8.6	36.3-37.3
Bot (<i>Lepidosetta mochigarei</i>)	9.6	46.8-46.9
Paling (<i>Anguilla japonica</i>)	9.8	52.9
Yellowtail (<i>Seriola quinqueradiata</i>)	10.0	47.9-51.9
Karper (<i>Cyprinus carpio</i>)	11.0	55.9-58.2
Wilde goudvis (<i>Carassius carassius</i>)	12.1	55.1-57.0

De treksterkte van het Ichthyocollageen is zeer sterk gerelateerd met de post mortem pH. Een kleine verandering van de pH kan hierdoor de eigenschappen van het collageen en dus de textuur duidelijk beïnvloeden. De mechanische treksterkte van Ichthyocollageen is 4 maal hoger bij een pH van 7.1 dan bij een pH van 6.2. Een gevolg

van een te sterke post mortem pH daling kan bij vissen het fenomeen "gaping" veroorzaken. Gaping vindt plaats wanneer het collageen door een te sterke pH daling zo verzwakt raakt dat de myocommata van het spiersegment losscheurt (Love, 1988; Huss, 1988). Figuur 5 laat een aantal gradaties van gaping zien. De vorm van de vis speelt bij gaping een grote rol. Gaping is vooral een probleem bij rondvissen, bij platvis komt gaping nauwelijks voor. Waarschijnlijk is het verschil in de verhouding tussen het oppervlak van de myocommata en de inhoud van het spierweefsel de reden. Een rondvis (bolvorm) heeft een kleiner oppervlak aan myocommata in vergelijking tot het volume spierweefsel dan een platvis.



Figuur 5: Een drietal gradaties van gaping bij kabeljauwfilet met onder een filet zonder gaping en bovenaan een filet met een extreme vorm van gaping (Love, 1988).

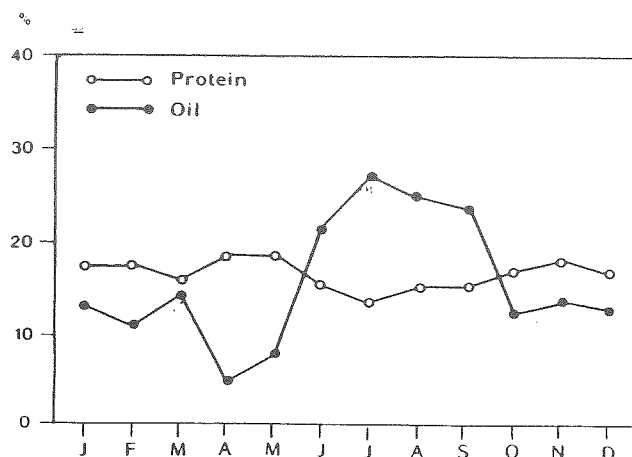
2.4 Het verschil in de vetten tussen visvlees en vlees van landbouwhuisdieren

2.4.1 Het Vetgehalte

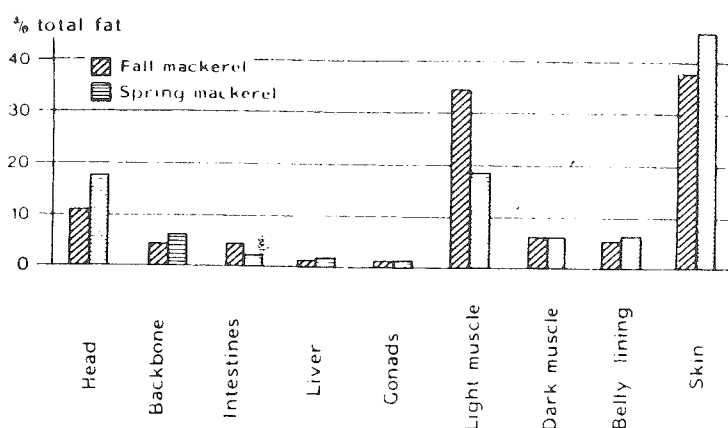
Het vetgehalte tussen de verschillende landbouwhuisdieren varieert sterk. Zo is het gemiddelde vetgehalte van varkensvlees 35% en dat van rundvlees 20%, echter het vetgehalte varieert nogal met de anatomische herkomst van het vlees en de leeftijd van het dier (Krol et al., 1990). Het hoge gemiddelde vetgehalte van varkensvlees wordt voornamelijk door het spek veroorzaakt. In tegenstelling tot het rundvlees dat alleen intermusculair vet bevat, bevat varkensvlees zowel inter- als intramusculair vet. Pluimvee slaat het meeste vet op net onder de huid (subcutaan) en onderscheidt zich daarmee van de meeste andere dieren. Na het villen is het meeste vet verdwenen met als resultaat mager vlees. Het vetgehalte van pluimveevlees ligt rond de 10%, wordt de huid meegerekend dan komt men op vetgehaltes van 15% voor kip tot 40% voor ganzen en eendenvlees. Kalkoen is het magerste vlees afkomstig van warmbloedige dieren. In de bijlage "FoodData" is een exact vetgehalte per vleesdeel weergegeven. Ook tussen vissoorten zijn er grote verschillen in vetgehaltes. Naast het vetgehalte is er ook een verschil in de opslagplaats van vetten en de wijze van opslag. Vetten worden opgeslagen in de vorm van triglyceriden of in de vorm van structurele vetten, zoals

fosfolipiden. De Kraakbeenvissen zijn een uitzondering, zij kunnen hun lichaamvet zowel opslaan in de vorm van triglyceriden als in de vorm van dialcyl alkyl glyceryl ethers en de koolwaterstof squalen (Huss, 1988). Het gehalte aan fosfolipiden is bij de meeste vissoorten gelijk en ligt tussen de 0.5% en 1%. Depotvet wordt in het lichaam opgeslagen rondom de organen, in de lever, in het spierweefsel en of onderhuids. De vetconcentratie in het rode spierweefsel is groter dan in het witte spierweefsel. Zalm is hiervan het meest extreme voorbeeld; van het totale vet ligt 15% opgeslagen in het rode spierweefsel en slechts 2% in het witte (mozaïek) spierweefsel (Love, 1988).

De pelagische vissoorten, zoals de haring makreel en sardines, zijn de vetste vissen. De verhouding tussen het vet, water, collageen en het eiwitgehalte is gerelateerd en in tegenstelling tot de gekweekte landbouwhuisdieren en de meeste kweekvis bij gevangen vis sterk afhankelijk van het seizoen. Het vetgehalte bij pelagische vissen varieert met het seizoen tussen de 5% en 25%. De variatie van het vetpercentage in de haring, weergegeven in figuur 6, is een een extreem voorbeeld. Uit figuur 7 blijkt dat het vet in pelagische vissoorten vooral onderhuids en in het spierweefsel wordt opgeslagen.



Figuur 6: De seizoensvariatie van de chemische compositie van de haring, *Clupea harengus*. Elk punt is een gemiddelde van acht filets (Huss, 1988).



Figuur 7: De distributie van het opgeslagen vet over de verschillende lichaamsdelen van makreel afkomstig uit Noorwegen. (Huss, 1988).

Het vetgehalte van platvissen varieert nogal. De meeste platvissen bevatten afhankelijk van het seizoen tussen de 1.5% en 4% tot maximaal 8% vet in de vorm van

triglyceriden. Een uitzondering is de Heilbot, deze kan duidelijk hogere (10%) vetgehaltes bereiken. De kabeljauwachtige behoren tot de magere vissoorten. Kabeljauwachtige slaan hun (depot)vet hoofdzakelijk op in de lever (levertraan), waardoor het vlees weinig tot geen vet bevat. Het gemiddelde vetgehalte van een kabeljauwfilet ligt rond de 1%. Het spierweefsel bevat eigenlijk alleen structurele vetten in de vorm van fosfolipiden. De zoetwatervissen zijn in het algemeen magere vissoorten, een grote uitzondering is de paling, waarbij het vetgehalte meer dan 30% kan bedragen.

2.4.2 De Vetsoort

Er bestaat een groot verschil in de vetsoorten tussen landbouwhuisdieren, vis en vissoorten onderling. Depotvet van Landbouwhuisdieren bestaat voornamelijk uit verzadigde vetten, waaronder stearinezuur (C18:0), dit in tegenstelling tot vis wat een hoog gehalte heeft aan meervoudig onverzadigde vetten van het $\omega 3$ (linoleenzuur familie) en $\omega 6$ (linolzuur familie) type en zeer weinig vetten bevat van het $\omega 9$ type (oliezuur familie)(Ruiter, 1986; Krol et al., 1990). De belangrijkste vetzuren in zeevis zijn myristinezuur (C14:0) als verzadigd vetzuur en timnodonzuur (C20:5 $\omega 3$), clupanodonzuur (C22:5 $\omega 3$) en het C22:6 $\omega 3$ zuur als vertegenwoordigers van de meervoudig onverzadigde vetzuren. Als enkelvoudig onverzadigd vetzuur is bij vis vooral erucazuur (C22:1 $\omega 9$) belangrijk. Het is afkomstig van de vetalcoholen die als wassen in algen voorkomen en via het dieet van de vis in het depotvet terechtkomen. Enkelvoudig onverzadigde vetzuren en met name erucazuur kunnen bij proefdieren hartproblemen veroorzaken (Ruiter, 1986).

Van de warmbloedige landbouwhuisdieren bevat varkensvlees met 10 a 14% van de vetfractie het hoogste gehalte aan onverzadigde vetzuren gevolgd door paarden en rundvlees (Krol et al., 1990). Het relatieve onverzadigde karakter van varkensvlees wordt veroorzaakt doordat het varken een monogastrisch dier is. Runderen bezitten meerdere magen, waardoor de in het voer aanwezige onverzadigde vetten door de pensmicroben worden gehydrogeneerd en omgezet in verzadigde vetten. De vetfractie van paardenvlees is rijk aan linoleenzuur, het paard is zowel een graseter als monogastrisch dier.

Het vet van zeevis en zoetwatervis verschilt in de hoeveelheid onverzadigde vetzuren. Zeevis en zoetwatervis bestaat, afhankelijk van het dieet, voor respectievelijk 88% en 70% uit meervoudig onverzadigde vetzuren (Huss, 1988). Zeevis bezit daarnaast een hoger gehalte aan $\omega 3$ vetzuren dan zoetwatervis. Afhankelijk van de habitat temperatuur en dus het seizoen, verschilt de verhouding tussen het $\omega 3$ en $\omega 6$ type binnen dezelfde vissoort. Hoe kouder het leefmilieu hoe hoger het gehalte aan $\omega 3$ vetzuren, waardoor het lichaamsvet minder stug (vast) wordt en het de vis minder energie kost zich te verplaatsen (Huisman, 1990).

Het cholesterol gehalte van visvlees (0.2-0.8 gram per kg), verschilt weinig met dat van het vlees van zoogdieren (0.5-1 gram per kg) (Ruiter, 1986).

De vetzuursamenstelling van melkvet, rundvet, varkensvet, het vet van een aantal vissoorten en een tweetal plantaardige vetten staan vermeld in tabel 7. Voor meer

gedetailleerde informatie wordt verwezen naar de bijlage "FoodData". Voor de volledigheid moet worden opgemerkt dat in de natuur alleen de cis-vorm van de meervoudig onverzadigde vetzuren voorkomen, echter afhankelijk van de manier van oliewinning kan, in producten die olie bevatten, ook de trans-vorm van de onverzadigde vetzuren aanwezig zijn.

Tabel 7: De vetzuursamenstelling van een aantal vetten en oliën in procenten van de totale hoeveelheid vetzuren (Krol et al., 1990).

Vetzuur	Melk vet	rundvet	Varkens vet	Haringolie	Kabeljauw lever olie	Noten olie	Zonne bloem olie
C4-C12	15	-	-	-	-	-	-
C14:0	9	3	2	8	5	-	-
C16:0	27	25	28	18	11	10	7
C18:0	10	15	13	1	2	3	4
C18:1 ω 9	26	42	42	14	25	53	27
C20:1 ω 9	-	-	-	10	10	-	-
C22:1 ω 9/11	-	-	-	16	5	-	-
C18:2 ω 6	3	7	7	3	2	27	60
C18:3 ω 3	2	1	1	1	1	-	-
C18:4 ω 3	-	-	-	2	3	-	-
C20:5 ω 3	-	-	-	8	12	-	-
C22:6 ω 3	-	-	-	6	12	-	-
Overige	8	12	7	13	12	7	2

2.5 Het verschil in de koolhydraten en rigor mortis tussen visvlees en vlees van landbouwhuisdieren

Koolhydraten in producten van dierlijke oorsprong komen voor in de vorm van dierlijk zetmeel of glycogeen. De hoeveelheid dierlijk zetmeel ligt bij warmbloedige landbouwhuisdieren, met waardes tussen de 0.5 en 1.8 gram per kg, duidelijk hoger dan bij vis (0.1-0.6 gram per kg) met uitzondering van tonijnachtige waarbij het glycogeen gehalte gelijk is aan dat van zoogdieren (Ruiter, 1986). Het glycogeen gehalte heeft, via de door de anaërobe glycolyse veroorzaakte melkzuurvorming, een sterke invloed op de post-mortem pH, hoe hoger het glycogeen gehalte voor de slacht, hoe lager de post-mortem vlees pH. Paardenvlees heeft het hoogste glycogeen gehalte gevolgd door rundvlees, varkensvlees, kip en als laatste visvlees (Krol et al., 1990). Of het grote verschil in de hoeveelheid dierlijk zetmeel tussen vis en landbouwhuisdieren een evolutionair verschil is of veroorzaakt wordt door de vangst van vis is onduidelijk. Uit een onderzoek met Bot bleek dat vissen die enige tijd in een aquarium verbleven een 1.8 maal hoger glycogeen gehalte hadden dan botten waarop enige tijd was gejaagd. Gekweekte vis bevat over het algemeen meer glycogeen dan gevangen vis.

Hoe kleiner de glycogeen voorraad, hoe sneller de rigor wordt bereikt, hoe korter de duur (hogere pH, sterkere calpaine werking) en minder intensief de rigor. Door het lage glycogeen gehalte verloopt de rigor mortis bij vis veel sneller en heftiger dan bij geslachte landbouwhuisdieren (zie tabel 7a). De kip is hierbij een uitzondering.

Tabel 8: De starttijd van de rigor in uur post-mortem en de duur van de rigor van verschillende diersoorten (Schreurs, 1998) *(Wedekind, 1991).

Diersoort	Bereik maximale rigor	Duur vleesrijping
Meerval (warmwatervis)*.	6-12 uur	24 uur
Kip	2-6 uur	24-48 uur
Varken	12 uur	6 dagen
Rund	48 uur	3 weken

De duur en intensiteit van de rigor mortis is afhankelijk van de situatie van de dieren net voor de slacht, het glycogeen gehalte in het spierweefsel en genetische eigenschappen. Het verschil in de rigor mortis tussen diersoorten is vooral terug te voeren op:

- Het verschil in vrij komen van Ca^{2+} -ionen post mortem.
- De sterkte van de afbraak van ATP ten opzichte van de regeneratie via de Lohmann reactie (terugvorming van ATP (Adenosine trifosfaat via ADP (Adenosine difosfaat en CP (Creatine fosfaat).
- Het bezit van voorraden energiedragers.
- De verhouding rood en wit spierweefsel (Het rode spierweefsel komt, vanwege een lagere ATPase activiteit, minder snel in de rigor, ondergaat de rigor intensiever en blijft langer in de rigor dan het witte spierweefsel).
- Een verschil in Q10 waarden (factor voor de toename van de enzymactiviteit bij een temperatuurstijging van 10 graden Celsius) van enzymen.
- Het verschil in de activiteit van de cathepsinen, die door afbraak van het α -actinine in de Z-lijnen, de actine myosine binding verbreken en de rigor doen stoppen.

Het snelle verloop van de rigor mortis bij de kip (tabel 7a) hangt waarschijnlijk samen met het lage gehalte aan creatine fosfaat (tabel 9, 2.6) nodig voor de Lohmann reactie en de hoge cathepsine activiteit (figuur 10 +11), waardoor de rigor sneller kan worden opgeheven.

Bij stress gevoelige varkens kan als gevolg van een stress situatie voor het slachten een snelle postmortale glycolyse optreden, waardoor zeer snel melkzuur wordt gevormd, de pH snel zakt en door denaturatie een bleek, waterig en slap vleestype ontstaat, het PSE vlees (pale soft exudatief) (Krol et al, 1990). Anderzijds kan de glycogeen voorraad bij vermoeide dieren (gevangen vis en transport van warmbloedige dieren) grotendeels of geheel uitgeput zijn. Postmortaal wordt dan weinig melkzuur gevormd en blijft de pH hoog. Een hoge post mortem pH heeft bij warmbloedige dieren het zogenaamde DFD (dark, firm, dry) vlees tot gevolg (Krol et al., 1990). Bij vis zorgt een hoge post mortem pH juist voor zacht, waterig en bleek vlees terwijl een lagere pH juist voor stevig vlees (Love, 1988). Het te snel koelen van het karkas pre rigor kan als gevolg van snelle Calcium uittreding uit het sacroplasmatisch reticulum cold shortening veroorzaken wat zeer taai vlees tot gevolg heeft (Krol et al., 1990).

2.6 Het verschil in de NP-N (Non Protein Nitrogen) fractie tussen visvlees en vlees van landbouwhuisdieren

De meest belangrijke verschillen in de NP-N fractie tussen vis, pluimvee en zoogdieren zijn weergegeven in tabel 9.

Tabel 9: De belangrijkste waarden in de NP-N fractie, in mg per 100 gram nat gewicht, van het spierweefsel van vis, schaaldieren, pluimvee en zoogdieren. (Huss, 1988).

NP-N Fractie in mg/100g nat gewicht	Vis			Schaaldieren	Pluimvee	Zoogdier vlees
	Kabeljauw	Haring	Haai	Kreeft	Pootspier	
Totale fractie	1200	1200	3000	5500	1200	3500
Totale vrije aminozuren	75	300	100	3000	440	350
Arginine	<10	<10	<10	750	<20	<10
Glycine	20	20	20	100-1000	<20	<10
Glutaminezuur	<10	<10	<10	270	55	36
Histidine	<1.0	86	<1.0	-	<10	<10
Proline	<1.0	<1.0	<1.0	750	<10	<10
Creatine	400	400	300	0	-	550
Betaine	0	0	150	100	-	-
TMAO	350	250	500- 1000	100	0	0
Anserine	150	0	0	0	280	150
Carnosine	0	0	0	0	180	200
Ureum	0	0	2000	-	-	35

TMAO (trimethylamine-oxide), als een van de belangrijkste NP-N's, is een osmoregulator en komt voor in alle zeevissoorten. TMAO komt voornamelijk in het visvlees terecht via het eten van marine zooplankton, maar wordt door sommige soorten zelf gesynthetiseerd. Kabeljauwachtige bevatten tussen de 3 en 6 mg TMAO per gram vis, andere vissoorten bevatten over het algemeen lagere waarden uitgezonderd de kraakbeenvissen en inktvis die hogere waarden bevatten dan de kabeljauwachtige (Ruiter, 1986). TMAO komt niet voor in zoetwatervissen en warmbloedige landbouwhuisdieren.

Ureum is in warmbloedig landbouwhuisdieren aanwezig als het afvalproduct van de eiwitstofwisseling. Bij vis en pluimvee komt ureum niet voor, omdat bij vis ammonia (NH_3) en bij pluimvee urinezuur het restproduct is van de eiwitstofwisseling. Kraakbeenvissen zijn wederom een uitzondering en bevatten een zeer hoog gehalte aan ureum (zie tabel 9).

Visvlees van actieve soorten, zoals haring en makreelachtige, bevat in tegenstelling tot vlees een hoog gehalte aan histidine. In rood spierweefsel zit veel meer histidine (6-13gr/kg) dan in wit spierweefsel (0.05-0.5gr/kg). Histidine kan door bacteriële decarboxylatie omgezet worden in histamine (Ruiter, 1986).

Zowel visvlees als vlees van zoogdieren bevat een hoog gehalte aan creatine fosfaat (3-5 gram per kg) een energieleverancier van het spierweefsel. Creatine fosfaat ontbreekt nagenoeg in het vlees van pluimvee.

Anserine, een dipeptide opgebouwd uit β -alanine en 3-methylhistidine, is aanwezig in zowel rund en varkensvlees als in vlees van sommige vissoorten. Pluimveevlees bevat het hoogste gehalte aan anserine. Carnosine, een verbinding van β -alanine en histidine komt vooral in rundvlees voor (zie tabel 9) (Krol et al., 1990).

2.7 Het verschil in de vitaminen en mineralen tussen visvlees en vlees van landbouwhuisdieren

Evenals vlees van warmbloedige landbouwhuisdieren is ook vis een goede bron van vitaminen uit de B groep. Varkensvlees is in tegenstelling tot rundvlees rijk aan het vitamine B1, thiamine. Het gehalte aan vitaminen A (retinol) is laag en ongeveer in gelijke hoeveelheid aanwezig in rund, varkens en visvlees. Vislever daarentegen bevat een zeer hoog gehalte aan vitamine A. Het hoogst gemeten gehalte Vitamine A ligt op 50000 IE per gram vislever (haai) wat erg hoog is vergeleken met schapenlever dat maar 600 IE per gram lever bevat. Dezelfde trend is aanwezig met vitamine D (cholecalciferol). Vislever olie kan tot 45000 IE vitamine D bevatten per gram olie terwijl zoogdierlevers nog geen 1 IE per gram bevatten. Verder is vette vis rijk aan vitamine E (α tocoferol), maar omdat vette vis veel onverzadigde vetten bevat en de behoefte aan vitamine E toeneemt met de inname van onverzadigde vetten is vette vis geen goede vitamine E bron.

Qua mineralen bevat visvlees in vergelijking met vlees van andere dierlijke oorsprong een hoger gehalte aan fluor, jodium, koper en seleen. Vlees van warmbloedige landbouwhuisdieren bevat meer chroom, zink en ijzer. Varkensvlees is rijk aan koper omdat dit veelal in de vorm van kopersulfaat als groeibevorderaar aan het varkens voer wordt toegevoegd. In Tabel 10 worden gehalten in mg per kg aan enkele spoorelementen in vlees en visvlees weergegeven. Voor meer gedetailleerde informatie over het gehalte aan vitamine en mineralen in vis, rund, varkens en pluimveevlees wordt verwezen naar de bijlage "FoodData".

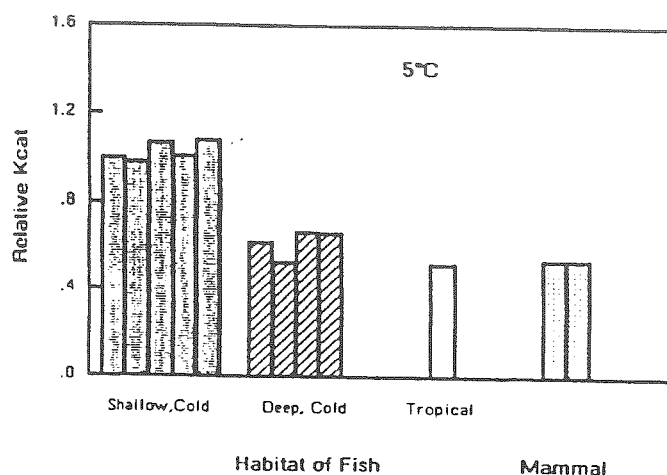
Tabel 10: De gehalten in mg per kg aan enkele spoorelementen in vlees en visvlees (De Ruiter, 1986).

Spoorelement	Visvlees	Vlees
IJzer (Fe)	5-10	20-45
Zink (Zn)	4-8	20-50
Fluor (F)	5-10	<1
Jodium (I)	1-3	<1
Seleen (Se)	0.1-0.5	<0.1

3 De verschillen van enzymen tussen visvlees en vlees van andere landbouwhuisdieren

3.1 De verschillen van de enzymen tussen de verschillende dieren in het algemeen

Omdat de meeste enzymen in het visvlees zijn aangepast aan het functioneren bij een lagere omgevingstemperatuur dan die van warmbloedige dieren zijn ze vaak minder thermostabiel en zijn ze meer flexibel van structuur. Dit wordt veroorzaakt doordat enzymen in visvlees gemiddeld gesproken minder H-bruggen, S-bruggen en hydrofobe groepen bevatten dan vlees van warmbloedige diergroepen. Enzymen en structurele eiwitten in visvlees ontvouwen (reversibele denaturatie) hierdoor sneller bij een verhoging van de omgevingstemperatuur en zijn vervolgens gevoeliger voor irreversibele denaturatie dan de eiwitten van warmbloedige dieren. Uit figuur 8 blijkt dat de activiteit van endogene enzymen bij lage temperaturen veel groter voor koudbloedige dieren in een koude omgeving dan koudbloedige dieren die in een warm habitat leven en warmbloedige dieren zoals zoogdieren en gevogelte.



Figuur 8: De moleculaire activiteit van het iso-enzym lactaat dehydrogenase uit het spierweefsel van vis uit de leefgebieden; ondiep koud water; diep koud water; tropisch water; en van zoogdieren (Haard, 1990).

De activiteit van endogene enzymen past zich ook aan de omgevingsdruk. Een hogere hydrostatisch druk zorgt voor een lagere katalytische activiteit (Haard, 1990). Om een enzym bestand te maken tegen het functioneren onder hogere hydrostatische drukken moet het structureel stabiel zijn (met behulp van meer H-bruggen, S-bruggen) en is het automatisch bestand tegen hogere temperaturen, waardoor de activiteit bij lagere temperaturen afneemt. De enzymactiviteit van diepzeevis ligt soms wel 3 tot 4 maal lager dan die van vissen die in ondiep water leven (Haard, 1990). Diepzeevis zou dus minder gevoelig zijn voor enzymatisch bederf tijdens gekoeld bewaren dan pelagische vissoorten.

De reactie constante K_m van enzymen aanwezig in diepzee vis nemen niet toe bij een verhoging van de druk, zoals wel het geval is bij warmbloedige landdieren en pelagisch

soorten (Haard, 1990). Een hoge druk behandeling zou bij de laatst genoemde groepen kunnen worden toegepast om de post mortem enzymactiviteit en dus de snelheid van vleesrijping te laten toenemen.

Uit onderzoek blijkt ook dat proteolytische enzymen van vissen uit diepere wateren (200m en 4000m) minder gevoelig zijn voor inactivering met behulp van hoge druk dan enzymen van vissen uit de ondiepe (0-300m) wateren (Haard, 1990).

Visvlees bevat dezelfde autolytische enzymen als vlees van warmbloedige dieren alleen blijven de autolytische enzymen door de adaptatie aan de koudere omgevingstemperaturen van vis tijdens gekoelde opslag vele malen sneller werken dan die van warmbloedige dieren.

3.2 Verschillen tussen dieren met betrekking tot de enzymen van het energie metabolisme

3.2.1 De oxidatie van malaat

Mitochondriën van aquatische organismen lijken uniek te zijn in het feit dat zij malaat (een intermediair in de citroenzuur cyclus) kunnen oxideren (Haard, 1990).

Mitochondriën van schaaldieren en vis hebben een relatief hoog gehalte aan het malaatase in vergelijking met landdieren. Tabel 11 geeft een indruk van de malaatase activiteit in een aantal vissen, de rat en het konijn.

Tabel 11: De NADP specifieke enzymactiviteit van het malaatase uit de mitochondriën van het spierweefsel van rivierkreef, een aantal vissoorten, de rat en het konijn (Haard, 1990).

Bron van de mitochondriën	Specifieke activiteit in nmol/minuut/mg mitochondriaal eiwit.
Waterdieren	
Zoetwaterkreeft	230
Kabeljauw	160
Zalm	90
Haring	74
Landdieren	
Konijn	13
Rat	30

3.2.2 Enzymatische oxidatie van vetten.

Enzymen die de vetoxidatie katalyseren zitten hoofdzakelijk in de microsomen aanwezig in de spieren. De microsomen komen zowel in kippen, rund, varkens als visvlees voor. Voor de enzymatische oxidatie van vetten in kippen, rund en varkensvlees worden zowel NADPH als NADH gebruikt. In vis wordt alleen NADH gebruikt voor de enzymatische oxidatie van vetten. In tegenstelling tot rundvlees bestaat er bij varkens en kippenvlees geen relatie tussen de activiteit van de microsomale

enzymen en het rans worden van het vlees. Het rode spierweefsel van visvlees is erg gevoelig voor vetoxidatie en peroxidase activiteit van de microsomen is 3 tot 4 maal groter dan dat van wit visvlees (Haard, 1990).

3.3 Verschillen tussen dieren met betrekking tot de proteolytische enzymen

3.3.1 Alkaline proteinases

De activiteit van de alkaline proteinases verschilt aanzienlijk tussen zoogdieren, zoetwater en zeevis. Ook binnen een diergroep zijn grote verschillen aanwezig. Tabel 12 geeft een overzicht van de relatieve alkaline protease activiteit, de optimum temperatuur en de optimum pH van het proteinase in verschillende dieren. De hoge optimale activatie temperatuur van rond de 60 °C is voor de alkaline proteases van alle diergroepen gelijk.

Tabel 12: De relatieve activiteit van het alkaline proteinase in het witte spierweefsel van zoetwatervis, zeevis, een schaaldier en zoogdieren. (Haard, 1990).

Naam	Opt. Temp. in °C	Opt. pH.	Relatieve activiteit in % ¹
Zoetwatervis			
Karper	65	8.1	100
Crucian Carp	65	8.0	64
Serpeling	65	7.9	130
Regenboogforel	-	-	0
Zeevis			
Garfish	65	8.0	144
Filefish	63	8.0	100
Yellowtail	65	8.0	94
Ansjovis	63	8.0	72
Black Rockfish	63	8.0	38
Alaska Pollak	-	-	0
Sardine	-	-	0
Makreel	-	-	0
Schaaldieren			
Tiger shrimp	60	8.0	52
Zoogdieren			
Rat	60	8.0	33
Konijn	-	-	0

¹ De enzymactiviteit is weergegeven als op de caseïne gebaseerde hydrolyse van het ruwe extract/nat gewicht van het spierweefsel

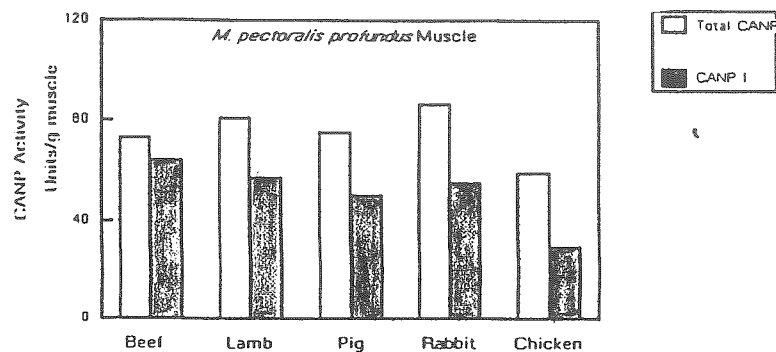
3.3.2 Het neutrale Calcium afhankelijke protease (Calpaine).

Het Calcium afhankelijke neutrale proteolytisch systeem heeft als belangrijkste protease μ -calpaine. Het neutrale proteolytische systeem heeft geen effect op de structurele spiereiwitten actine en myosine. Vis en schelp- en schaaldieren bevatten meer calpaine iso-enzymen dan warmbloedige dieren. De calpainen werken voornamelijk bij een pH tussen de 5.5 en de 8.0 en zijn in staat om de cytoskeletaire eiwitten titine en desmine af te breken. Ze spelen hierdoor een belangrijke rol bij de post-mortem malsificatie van het

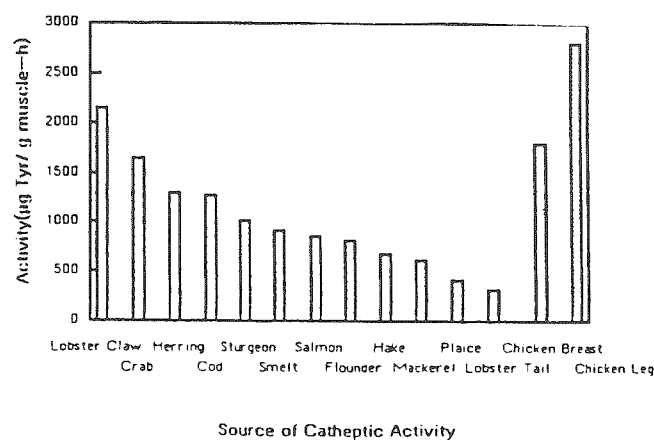
vlees (Schreurs, 1998). De calpaine activiteit in een aantal diersoorten is weergegeven in figuur 9.

3.3.3 De lysosomale acid proteases (Cathepsinen).

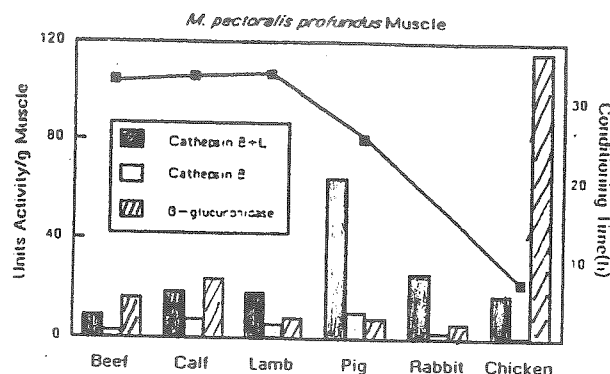
Een lysosoom is een soort intracellulair verteringssysteem. Ze bevatten verschillende hydrolases die kunnen aangrijpen op fosfaat esters, koolhydraten, vetten en eiwitten. Lysosomen spelen een belangrijke rol bij de eiwit turnover van de spier en de post mortem vleeskwaliiteit, maar volgens Schreurs (1998) en Kolodziejska and Sikorski (1996) zijn de calpainen belangrijker. De lysosomale enzymen komen ook voor in de extracellulaire ruimtes van de vleesmatrix waarbij ze, vanwege hun lage optimum pH, pas laat post mortem aangrijpen op het collageen. Uit de figuren 10 & 11 blijkt dat verschillende vissoorten en warmbloedige landbouwhuisdieren allemaal een verschillende cathepsine activiteit bezitten. Wat duidelijk opvalt is de grote cathepsine activiteit van de kip.



Figuur 9: De enzymactiviteit van het totale calpaine (witte balken) en het type 1 calpaine (donkere balken) systeem in de spier; *M. pectoralis profundus* van het rund, het varken, het konijn, het lam en de kip (Haard, 1990). De enzymactiviteit is weergegeven in units per gram spierweefsel.



Figuur 10: De cathepsine activiteit, in µg Tyr per g spierweefsel per uur, van verschillende soorten vis en de kip (Haard, 1990).



Figuur 11: De activiteit en conditioneringstijd (de lijn) van drie soorten lysosomale enzymen voorkomend in de spier *M. pectoralis profundus* van een kalf, een volwassen rund, een lam, een varken, een konijn en een kip. (Haard, 1990).

De waarden van de cathepsine activiteit uit verschillende onderzoeken variëren sterk. Toch kan men er van uit gaan dat kippenvlees een groter cathepsine activiteit bezit dan visvlees, en visvlees een ongeveer 10 maal groter cathepsine activiteit bezit dan het vlees van de rat, het varken, de os en het konijn (Haard, 1990).

3.4 Het TMAO-ase

Een speciaal soort endogeen enzym het TMAO-ase of TMAO-demethylase komt alleen bij kabeljauwachtige voor. Het substraat voor TMAO-ase, het TMAO (trimethylamine-oxide) is een osmoregulator en is aanwezig in alle soorten zeevis. In zoetwatervissen en warmbloedige landbouwhuisdieren komt het enzym TMAO-ase en het substraat TMAO niet voor. Het TMAO-ase zet het TMAO om in DMA (dimethylamine) en FA (Formaldehyde). Het FA zou binden met het lysine in het viseiwit, waardoor een hydroxymethylgroep ontstaat wat kan reageren met andere viseiwitten en het aantal crosslinken toeneemt, de oplosbaarheid afneemt en het visvlees taai wordt

4 De verschillen in het waterbindend vermogen van visvlees en vlees van andere landbouwhuisdieren

Het waterbindend vermogen of WBV van een stuk vlees is afhankelijk van zowel intrinsieke (soort dier, soort spier, leeftijd van dier, vetgehalte, gehalte aan bloedvaten etc) als extrinsieke (voedingspatroon, activiteit voor het slachten, het oogstseizoen, post mortem, pre rigor, post rigor behandeling, monster eigenschappen etc) factoren en omstandigheden waarin het weefsel zich bevindt.

Het meeste water wordt vast gehouden door de capillaire werking van de ruimtes tussen de dikke myosine en dunne actine filamenten. Het volume van deze ruimten tussen de filamenten is afhankelijk van de pH, het zoutgehalte (beide beïnvloeden de sterische hindering van de actine en myosine koppen) en de staat van de rigor mortis die allen hun effect hebben op twee mechanismen (fibril swelling-contraction en het transport van weefsel vloeistof tussen intra en extracellulaire locaties) die het WBV bepalen. De beperkingen voor het fenomeen fibril swelling zijn de Z lijnen, de M lijnen, de actine-myosine bindingen en het endomysium. Fosfor zouten interfereren met het actine-myosine complex, waardoor het uiteen valt en de fibrilzwelling minder gehinderd wordt en het WBV kan toenemen. De verschillen in het WBV tussen soorten in dezelfde omstandigheden worden grotendeels veroorzaakt door het verschil tussen soorten in de lengte en de diameter van het sacromeer, de ruimte in en de ruimte tussen de filamenten en het anders reageren van een soort op de omgevingsfactoren die de lengte en de diameter van het sacromeer en de ruimtes in en tussen de filamenten kunnen beïnvloeden (Fennema, 1990).

Een kwantitatieve vergelijking van het waterbindend vermogen tussen verschillende diergroepen van verschillende onderzoeken is eigenlijk ondeugdelijk. Een kwalitatieve trend, die algemeen wordt aangenomen, is dat het waterbindend vermogen van varkensvlees het grootst is gevolgd door dat van rund, kippen en visvlees (Fennema, 1990). Het waterbindend vermogen van zoetwatervis is groter dan dat van marine vissoorten. Om toch enig idee te krijgen tussen de kwantitatieve verschillen in waterbindend vermogen van vlees volgen een aantal tabellen (13, 14 en 15) waaruit duidelijk naar voren komt dat er verschil bestaat in WBV van vlees tussen soorten, binnen een soort (het spiertype) en van vlees wat verschillend behandeld is.

Tabel 13: Het waterbindend vermogen van de spieren psoas en longissimus dorsi van ossen na invriezen en ontdooien (Fennema, 1990).

Conditie	Spiersoort			
	Psoas		Longissimus dorsi	
	pH	Free exudate (%)	pH	Free exudate (%)
Normaal	5.5	10	5.5	14
Gedwongen oefening na 14 dagen vasten	5.5	5.5	5.5	13.4
Goed gevoerd, uitgerust en ontspannen	6.3	1.6	6.1	6.4
Insuline geïnduceerde tetanus	7.0	1.5	6.9	3.9

Tabel 14: Het vergelijkbaar waterbindend vermogen van vers vis, kip en rundvlees (Fennema, 1990).

Soort	Beginnend watergehalte (%)	WBV (%) ¹
Rund	75.8	38.2 ± 1.7
Kip licht	77.1	22.9 ± 1.2
Kip donker	75.9	21.2 ± 1.7
Regenboog forel	76.9	39.0 ± 1.9

¹ Gebaseerd op een monster van 1.5 gram gemalen vlees gecentrifugeerd op 30.900 G bij 2 °C.

Tabel 15: Het potentiële waterbindend vermogen van rauw forel, kreeft en kippenvlees (Fennema, 1990).

Soort	Waterbindend potentieel ^a in gram water per gram eiwit	
	Pre rigor	Post rigor
Kip	14.6 ± 3.0	6.5 ± 1.4
Forel	6.4 ± 0.3	6.6 ± 0.5
Kreeft	12.1 ± 3.0	11.9 ± 1.5

^a Het spierweefsel werd gemalen, gemengd met 20 delen testvloeistof en gecentrifugeerd. Vervolgens werd het eiwit en vochtgehalte bepaald.

5. Het verschil in bederf tussen visvlees en vlees van landbouwhuisdieren

5.1 Algemene verschillen

De snelheid waarmee bederf van vlees optreedt hangt, behalve van de hygiëne en de bewaartemperatuur, ook af van een aantal intrinsieke factoren van het vlees zoals de pH en de opbouw van het weefsel. Verder is de aanwezigheid van bacteriën, van vrije aminozuren en van suikers erg bevorderlijk voor bacterieel bederf. Bij vlees manifesteert beginnend bederf zich onder andere door verandering van kleur en het ontwikkelen van typische bederf geuren als ammoniak, waterstofsulfide en indol (Krol et al., 1990). Bij visvlees herkent men beginnend bederf voornamelijk aan het ontstaan van hypoxanthine en trimethylamine dat een "vissige" geur veroorzaakt (Ruiter, 1986). In een later stadium ontstaat ook bij het bederf van vis ammoniak.

Visvlees bederft veel sneller dan vlees afkomstig van warmbloedige dieren. De degradatie kan zowel bacteriologisch als enzymatisch van oorsprong zijn. De snellere kwaliteitsachteruitgang van verse vis wordt veroorzaakt door de losse structuur van het vlees, de hogere post mortem pH (vis ± 7.0 en vlees $5.5 - 6.0$), de grote concentratie vrije aminozuren, de koude adaptatie van de endogene enzymen en vooral de natuurlijke besmetting met motiele psychrofile bacteriën, die zich ook bij temperaturen rond 0°C nog snel kunnen vermeerderen. Als gevolg van de sneller groeiende psychrofile bacteriën hebben de pathogene bacteriën op visvlees weinig kans, zodat het voor de voedselveiligheid vaak geen kwaad kan. Dit in tegenstelling tot vlees van warmbloedige landbouwhuisdieren. Het vlees van landbouwhuisdieren is vrij van psychrofile bacteriën, waardoor bij een mogelijke besmetting met pathogene kiemen, de bacteriën vrij baan hebben zich te ontwikkelen tot een gevaarlijk niveau voor het rauw consumeren van het vlees.

5.2 Verschillen met betrekking tot bacterieel bederf

De meest voorkomende natuurlijke bacteriën op visvlees zijn *Pseudomonas*, *Alteromonas*, *Moraxella* en *Photobacterium* (Ruiter, 1986). Vis uit tropische wateren bevat een iets andere flora dan vis uit koudere wateren. De bacteriën uit tropische wateren naderen de optimum temperaturen voor mesofiele bacteriën. Pathogene bacteriën hebben temidden van de tropische flora minder concurrentie en grotere overlevingskansen dan wanneer ze omgeven zijn door flora uit koudere wateren. Hierdoor heeft tropische vis een groter risico tot bederf met een gezondheidsrisico dan de vis uit gematigde klimaatzones. De belangrijkste pathogene bacteriën die een probleem kunnen geven met de veiligheid van vis en vlees zijn *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *Campylobacter* spp., *Listeria monocytogenes*, *Shigella* spp., *Clostridium* spp., *Vibrio* en *Escherichia coli*. *Salmonella*, *Campylobacter* en *Staphylococcus* zijn hoofdzakelijk bij pluimvee een groot probleem, ook paling is vaak besmet met *Salmonella*. Varkensvlees is vaak besmet met *Yersinia enterocolitica*. *Shigella* komt voor in visproducten uit derde wereld landen. Schaal en schelpdieren zijn vaak besmet met *Vibrio* spp. en *Campylobacter* spp.

De belangrijkste methode voor bederfbestrijding van vers vlees is koeling beneden de 4 °C (Krol et al., 1990). Hierdoor wordt de groei van vrijwel alle pathogene bacteriën, met uitzondering van de psychrofiële *Lysteria*, voorkomen en het bederf veroorzaakt door mesofiele en thermofiele bacteriën vertraagd. De psychrofiële bacteriën blijven echter doorgroeien, waardoor toch bederf ontstaat. Aangezien het aantal aanwezige psychrofiële bacteriën op vis vele malen groter is dan van vlees van landbouwhuisdieren bederft vis tijdens gekoelde opslag veel sneller dan vlees.

Een reëel gevaar voor de veilige consumptie van makreel en tonijnachtige is de bacteriologische decarboxylatie van het aminozuur histidine tot histamine (Scombroid Fish Piosoning). Histamine gehaltes groter dan 100 mg per kg zijn schadelijk en kunnen voorkomen nog voor dat de vis als bedorven wordt beoordeeld.

5.3 Verschillen met betrekking tot enzymatisch bederf

Enzymatisch bederf van vleesproducten is vooral van belang bij visvlees. "Belly burst" is het fenomeen dat voorkomt bij pelagische vissoorten die zijn gevangen tijdens een periode van intensieve voedselopname. Bij deze vissen, zoals makreel en sardines is de activiteit van de spijsverteringsenzymen zo hoog dat na de dood de enzymen de buikwand penetreren, waardoor de organen naar buiten kunnen komen. De afbraak van TMAO (trimethylamine-oxide) in DMA (dimethylamine) en FA (formaldehyde) is een vorm van enzymatisch bederf dat alleen voorkomt bij kabeljauwachtige. Deze reactie, veroorzaakt door het enzym triamine-oxidase, is belangrijk tijdens diepgevroren opslag. Het veroorzaakt een vissige geur en een taaie structuur van het vlees doordat het formaldehyde zich bindt met het viseiwit en het aantal crosslinken toeneemt.

De adaptatie van de endogene enzymen in het visvlees van koudwatersoorten aan de koudere omgevingstemperaturen in vergelijking met endogene enzymen aanwezig in vlees van warmwatersoorten en warmbloedige dieren is zo sterk dat vis uit koude streken sneller enzymatisch bederft als vis uit warmere wateren en vlees van warmbloedige dieren. Bij landdieren is tijdelijk gekoelde opslag van het vlees een pre doordat de endogene enzymen de tijd krijgen het vlees mals te maken.

5.4 Verschillen met betrekking tot chemisch bederf

Naast bacterieel en enzymatisch bederf is chemisch bederf in de vorm van vetzuuroxidatie of rans worden een groot probleem bij de langdurige opslag van vis en vleesproducten. Tijdens dit chemisch bederf ontstaan uit meervoudig onverzadigde vetzuren onder andere onverzadigde aldehyden, die de ranzige geur veroorzaken. Het risico tot rans worden is afhankelijk van de hoeveelheid vetten als wel het soort vet. Zoals eerder genoemd bevat vette vis veel onverzadigde vetzuren, die zeer gevoelig zijn voor oxidatie. Vette vis heeft hierdoor het grootste risico op rans worden van het ingevroren product. Rundvlees daarentegen bevat relatief weinig vet dat ook nog volledig verzadigd is, waardoor de kans op rans worden erg klein is. De gevoeligheid voor het rans worden van vlees en viswaren is het grootst voor vet visvlees gevolgd door varkensvlees, vlees van gevogelte, lamsvlees en rundvlees (Krol et al., 1990). Bij

magere vis zoals kabeljauw, waarbij het visvlees alleen fosfolipiden bevat, speelt
vetoxidatie geen rol

6 Verschillen in productverontreiniging tussen visvlees en vlees van andere landbouwhuisdieren.

Verontreiniging in producten van dierlijke oorsprong kan worden gedefinieerd als ongewenste componenten meestal in kleine hoeveelheden aanwezig zijn. Deze definitie sluit additieven uit. Verontreiniging als gevolg van bederf valt ook buiten deze definitie. Een overzicht van verontreinigingen die in vlees en visproducten kunnen worden aangetroffen is hieronder weergegeven.

- a) Verontreinigingen als gevolg van de dierlijke productie, zoals resten van dierbehandelingsmiddelen, aangeduid als residuen. Voorbeelden zijn antibiotica, anabolica, thyreostatica etc.
- b) Milieu contaminanten; stoffen die door het dier via het drinkwater of het voer worden opgenomen en zich in bepaalde organen kunnen ophopen. Men maakt onderscheid tussen stoffen die in het milieu voorkomen maar waarvan de concentratie door toedoen van de mens sterk is verhoogd (zware metalen) en de natuurvreemde stoffen de xenobiotische stoffen, die door de mens zijn gesynthetiseerd (PCB's, pesticiden).
- c) De bio-contaminanten; stoffen die schadelijk zijn en door andere organismen worden geproduceerd zoals mycotoxinen en saxitoxinen.
- d) Verontreinigingen als gevolg van bewerking en verpakkingen. Voorbeelden zijn pak's, nitrosaminen, weekmakers, lood, tin en desinfectantia.

Residuen van dierbehandelingsmiddelen zijn in alle landbouwhuisdieren inclusief gekweekte vis aanwezig. Gevangen vis en in principe ook ecologisch geteelde dierlijke producten dienen vrij te zijn van residuen. Van de milieu contaminaten zijn hoofdzakelijk de niet essentiële toxische elementen, zoals lood, cadmium, kwik en arseen en de PCB's van belang. De loodgehalten in vis en vlees geven over het algemeen weinig zorg. Roofvissoorten uit drukbevaren kanalen kunnen hierop een uitzondering zijn. Het hoge loodgehalte wordt daar veroorzaakt door de anti fouling verf, die veel gebruikt wordt in de scheepvaart. De Cadmiumgehalten in vis en vlees is erg laag, alleen de lever en nieren van oudere dieren kunnen hoge gehalten bevatten en dienen niet gegeten te worden. Het kwikgehalte van het vlees van landdieren is laag echter dat van vis vaak veel hoger. Vooral vis gevangen in de buurt van de papierindustrie is verdacht. De papierindustrie maakt gebruik van kwikchloride om het papier te bleken. Kwik komt in dierlijke producten veelal voor in de vorm van methylkwik (CH_3Hg^+), dat gemakkelijk wordt opgenomen en veel toxischer is dan de anorganische vorm. Opgemerkt dient te worden dat het in de vis ruimschoots aanwezige seleen de schadelijke werking van kwik tegengaat door het seleen/kwik antagonisme. Platvis is rijk aan arseen in de vorm van het weinig schadelijke arsenobetaine ($(\text{CH}_3)_3\text{As}^+ \cdot \text{CH}_2\text{COO}^-$) dat makkelijk via de urine kan worden uitgescheiden. Sporen van persistente pesticiden die voornamelijk in vet accumuleren (DDT en drins) vormen in onze streken geen probleem meer. In landbouwhuisdieren, vis en zelfs in vette vis, zoals de paling komen deze stoffen vrijwel niet meer voor. De PCB's geven ondanks dalingen soms nog problemen in vette vissoorten waarvan vooral de paling. In het vet van landbouwhuisdieren zijn de gehalten niet gevaarlijk hoog. Van de bio-contaminanten

zijn er twee belangrijk de mycotoxinen en de saxitoxinen. Mycotoxinen zijn toxinen geproduceerd door schimmels aanwezig op de grondstoffen van het diervoeder. Aflatoxine is de meest bekende en komt voor op notenmeel en sojaschroot. Het uiterst carcinogeen Aflatoxine B1 wordt via het voeder opgenomen en in het spier en orgaanweefsel als zodanig opgeslagen of afgebroken tot het minder schadelijke metaboliet Aflatoxine M1. De concentratie van mycotoxinen in producten van dierlijke oorsprong is te verwaarlozen ten opzichte van de concentratie in de noten zelf (Krol et al., 1990). Gevangen vis is vrij van mycotoxinen.

Uniek voor vis en vooral vlees van schelpdieren is de kans besmet te raken met toxinen geproduceerd door dinoflagellaten (algensoort), wat red-tide wordt genoemd. Saxitoxine is een neurotoxine dat hitte resistent is, koken vernietigt het gif niet. Bij het aantreffen van een neurotoxine wordt de consumptie van vis en schelpdieren direct verboden. Verschijnselen bij inname van saxitoxine zijn paralytisch van aard en variëren van tinteling op de lippen tot compleet verlies van spierbeheersing met de verstikkingsdood tot gevolg. Een tegengif is onbekend. Er zijn verschillende vormen van besmetting; PSP, DSP, ASP en NSP wat respectievelijk paralytic, diarrhetic, amnesic en neurotoxic shellfish poisoning wordt genoemd. Andere vormen van natuurlijke toxinen aanwezig in vis en visproducten zijn Ciguatera toxine in Barracuda, snapper en grouper en Puffer Fish Poison in de Puffer en Globefish.

Literatuur

- Barbut, S. and Findlay, C.J. (1991). Influence of Sodium, Potassium and Magnesium Chloride on Thermal Properties of Beef Muscle. *Journal of Food Science* **56**: 180-182.
- Fennema, O.R. Comparative water holding properties of various muscle foods. *Journal of Muscle Foods* **1**: 363-381.
- Haard, N.F., (1990). Enzymes from food myosystems. *Journal of Muscle Foods* **1**: 293-338.
- Huisman, B. (1990). Fish and Fishproduction. Syllabus course Fish and Fish production. Department of Fish Culture and Fisheries, Wageningen, The Netherlands.
- Huss, H.H., (1988). Fresh Fish, Quality and Quality changes, a training manual for the FAO/DINIDA Training programme on Fish Technology and Quality control. Technical laboratory, Ministry of Fisheries, Technical University, Copenhagen, Denmark. 132pp.
- Kolodziejska, I. And Sikorski, E. (1996). Neutral and alkaline muscle proteases of marine fish and invertebrates, a review. *Journal of biochemistry* **20**:349-363.
- Krol, B., Logtestijn, J.G., Ruiter, A. (1990). Vleeskunde. Syllabus van het vak Vleeskunde van de vakgroep Voedingsmiddelen van Dierlijke Oorsprong, Faculteit Diergeneeskunde, Utrecht.
- Lampila, L.E., (1990). Comparative microstructure of red meat, poultry and fish muscle. *Journal of Muscle Foods* **1**: 247-267.
- Lee, C.M., (1992). Factors affecting Physical Properties of Fish Protein Gel. In: Advances in Seafood Biochemistry. Eds: Flick, J.G., Martin, R.E. Technomic Publishing Company, Lancaster, U.S.A.
- Love, R.M., (1988). The Food Fishes, their intrinsic variation and practical implications. Farrand Press London. 276pp.
- Martens, H., Stabursvik, E. and Martens, M. (1982). Texture and colour changes in meat during cooking related to thermal denaturation of muscle proteins. *Journal of Texture Studies* **13**: 291-309.
- Ruiter, A. (1986). Viskwaliteit en visverwerking. Syllabus coarse fishtechnology. Faculty of Veterinary Medicine Utrecht, The Netherlands.
- Schauf, C.L., Moffet, D.F., Moffet, S.B., (1990). Human Physiology, Foundations and Frontiers. Times Mirror/Mosby College Publishing, Toronto. 772pp.
- Schreurs, F.(1998). Persoonlijk commentaar.

-Sikorski, Z.E., (1984). The role of collagen in the quality and processing of fish. *CRC Critical Reviews in Food science and Nutrition*. **20**: (4) 301-343.

-Skaara, T., and Regenstein, J.M. (1990) The structure and properties of myofibrillar proteins in beef, poultry and fish. *Journal of Muscle Foods* **1**:269-291.

-Wedekind, H. (1991). Untersuchungen zur produktqualität Afrikanischer Welse (*Clarias gariepinus*) in abhangigkeit von Genetischer Herkunft, Fütterung, Geschlecht und Schalchalter. Dissertation, Fakultät der Georg-August-Universität Gottingen. 176pp.

Bijlage

De bijlage is opgeslagen op de centrale X-schijf en wordt gevonden onder de hoofddirectory Jkals en subdirectory FoodData met daarin de files Nutrifish, NutriBeef, NutriPork, NutriPoultry voor respectievelijk Vis, Rund, Varkensvlees en vlees van gevogelte. Daarnaast bestaat er een file Nutrisymbols voor de verklaring van de gebruikte symbolen. De datafiles bevatten informatie met betrekking tot :

- a) Eiwit, vet, water en koolhydraatgehaltes.
- b) Aminozuurpatronen
- c) Vetzuurpatronen
- d) Vitamine en Mineraalpatronen.

