

Verkefnaskýrsla til
Rannsóknarráðs Íslands
1 - 97



Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins

MAÍ 1997

SAMSPIL, SKYNMATS

OG ÁFERÐARMÆLINGA

MEÐ TÆKJUM

Sólveig Ingólfssdóttir
Jón Grétar Hafsteinsson
Ása Þorkelsdóttir
Emilía Martindsóttir

Útdráttur

Í þessari greinagerð er heimildaskrá yfir greinar er fjalla um áferðarmælingar með tækjum og greinar sem fjalla um samanburð á áferðarmælingum með tækjum og skynmati, alls 227 greinar. Fyrst og fremst eru þetta greinar sem fjalla um fisk og fiskafurðir. Einnig er í greinargerðinni að finna samantekt helstu atriða eftir lestur þeirra. Fjallað er um mat á áferð matvæla, helstu aðferðir sem notaðar eru við áferðarmat á mismunandi fiskafurðum. Að lokum eru valdar nokkrar aðferðir sem ætlunin er að aðlaga rannsóknarverkefnum í náninni framtíð.

1. INNGANGUR.....	3
2. NIÐURSTÖÐUR HEIMILDALESTURS.....	4
2.1. Mat á áferð matvæla.....	4
2.2. Hesltu aðferðir notaðar við mat á áferð fiskafurða með tækjum.....	5
2.2.1. Samþjöppun (Compression).....	5
2.2.2. Stautun (Puncture).....	6
2.2.3. Snúningur (Torsion).....	7
2.2.4. Tog (Tensile).....	7
2.2.5. Álag-slökun (Stress-relaxation).....	7
2.2.6. Warner - Bratzler.....	8
2.2.7. Kramer shear.....	9
2.2.8. Thermal scanning rigidity monitor (TRSM).....	9
2.3. Aðferðir notaðar við mat áferðar í mismunandi fiskafurðum.....	10
2.3.1. Gel.....	10
2.3.2. Surimi-gel.....	10
2.3.2.1. Stautun (Puncture test).....	10
2.3.2.2. Brot (Folding test).....	10
2.3.2.3. Samþjöppun (Compression test).....	11
2.3.2.4. Snúningur (Torsion test).....	11
2.3.2.5. Tog (Tension test).....	12

2.3.3. Marningur.....	12
2.3.4. Flök, hrá og soðin.....	12
2.4. Áferð metin með mismunandi aðferðum, tengsl þeirra og samsvörun.....	17
2.5. Áferð metin með skynmati.....	17
2.6. Framleiðslustýring.....	18
3. VAL Á AÐFERÐUM TIL NOTKUNAR Í FREKARI RANNSÓKNAR- OG ÞRÓUNARVINNU.....	19
4. LOKAORÐ.....	20
HEIMILDASKRÁ.....	21

1. INNGANGUR

Í þessari greinagerð er heimildaskrá yfir greinar er fjalla um áferðarmælingar með tækjum og greinar sem fjalla um samanburð á áferðarmælingum með tækjum og skynmati. Fyrst og fremst eru þetta greinar sem fjalla um fisk og fiskafurðir. Einnig er í greinargerðinni að finna samantekt helstu atriða eftir lestur þeirra. Höfuðáhersla var lögð á greinar þar sem mæld er áferð heilla vöðva eða vöðvabita. Þessi samantekt er fyrst og fremst hugsuð sem stuðningur við lestur á þeim greinum sem er að finna í heimildaskránni en ekki sem yfirlitsgrein. Það er með vilja gert að láta ensku orðin fylgja með eða standa óþýdd svo ekki sé vafamál við hvaða hugtök er átt í viðkomandi grein. Fiskanöfn hafa verið þýdd á íslensku þar sem því var við komið og eru þýðingarnar samkvæmt Orðakveri Gunnars Jónssonar (Hafrannsóknir - 47. hefti, Hafrannsóknastofnun). Litið er á þessa samantekt sem forvinnu fyrir önnur rannsóknarverkefni.

2. Niðurstöður heimildalesturs

2.1. Mat á áferð matvæla.

Áferð, lykt, bragð, útlit og heilnæmi eru fjórir mikilvægustu þættir matvæla. Reynt hefur verið að flokka áferð og áferðarmælingar matvæla. Matvæli hafa verið flokkuð eftir áferðareiginleikum þeirra svo sem í vökva, gel, trefjamatvæli, frumuformuð matvæli, olíur og fitur auk dufta (Sone, 1972 sky. Bourne 1992). Einnig hafa áferðamælingar verið flokkaðar eftir þeim aðferðum sem beitt er við þær. Hægt er að skipta áferðarmælingum með tækjum í þrjá flokka, grunnpróf, reynslupróf og hermipróf.

1) Grunnpróf. Þessi próf eru vel skilgreind en hafa yfirleitt lélega fylgni við skynmat á áferð. Einnig er gert ráð fyrir að sýni séu einsleit sem er óheppilegt skilyrði fyrir mælingar á matvælum. Þau eru þó grunnur fyrir reynslupróf (empirical test). Í þessum flokki eru Poisson's hlutfall (breyting í hverri breiddareiningu/breyting í lengdareiningu), Young's modulus (stress/strain), Shear modulus (shearing stress/shearing strain) og Bulk modulus (hydrostatic pressure/volume strain) auk seigju.

2) Reynslupróf eru ýmiskonar próf eins og t.d. stautun (puncture test). Þó þau séu illa skilgreind og vanti oft staðla þá hefur fundist fylgni milli þeirra og ákveðinna áferðar-eiginleika sumra matvæla.

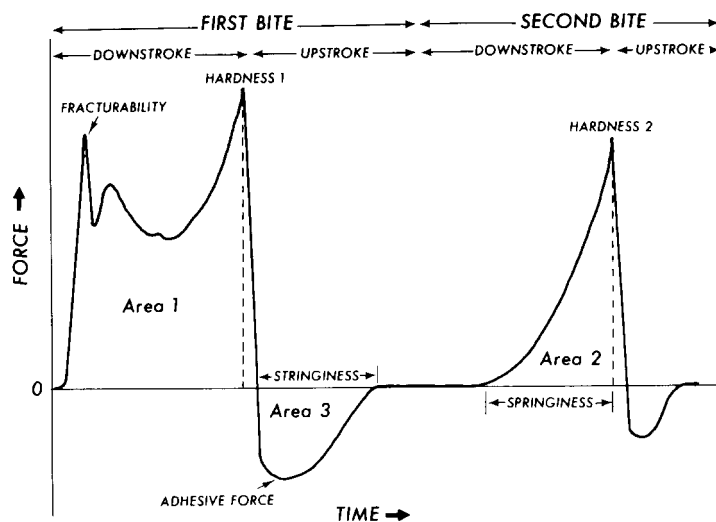
3) Hermipróf. Þetta eru próf þar sem reynt er að líkja eftir þeim aðstæðum sem matvæli lenda í. Texture profile analysis (TPA) eða áferðarrofsgreining er dæmi um slíkt.

2.2. Helstu aðferðir notaðar við mat á áferð fiskafurða með tækjum.

2.2.1. Samþjöppun (Compression): Sýni er pressað saman og kraft-tíma ferli skráð. Þvermál pressu er yfirleitt meira en þvermál sýnis. TPA (Texture profile analysis) er aðferðin kölluð þegar sama sýnið er pressað tvisvar í röð og er verið að líkja eftir munnbiti. Stærð sýna er yfirleitt „munnbiti“. Með þessari aðferð fást ýmsir mælikvarðar á áferð sýnisins og gefur eftirfarandi tafla yfirliti yfir þá (Bourne 1978, 1992) (sjá einnig nánar mynd 1).

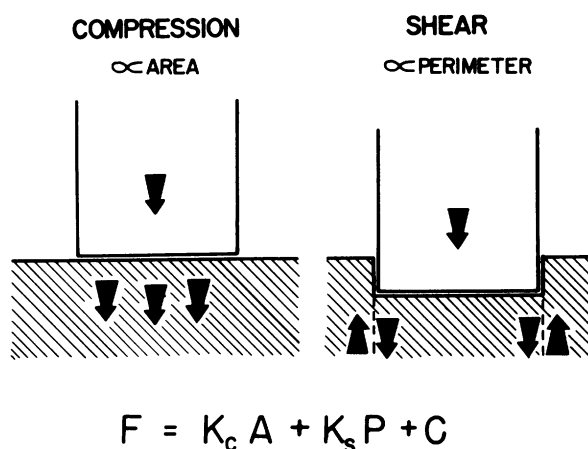
Tafla 1. Yfirliti yfir mælikvarða á áferð metinni með TPA.

Mældir parametrar	Skýring
Harka (Hardness) (N)	Mesta kraftútslag í fyrri pressun
Samloðun (Cohesiveness)	Hlutfall jákvæðra kraftsvæða í seinni og fyrri pressun
Adhesiveness (J)	Neikvæða kraftsvæði fyrri pressunar
Springiness	Sú hæð sem sýnið nær að fara til baka eftir fyrri pressun
Fracturability	Fyrsta brot í ferli
Reiknaðir parametrar	
Gumminess (N)	Harka x samloðun
Chewiness (N)	Gumminess x springiness

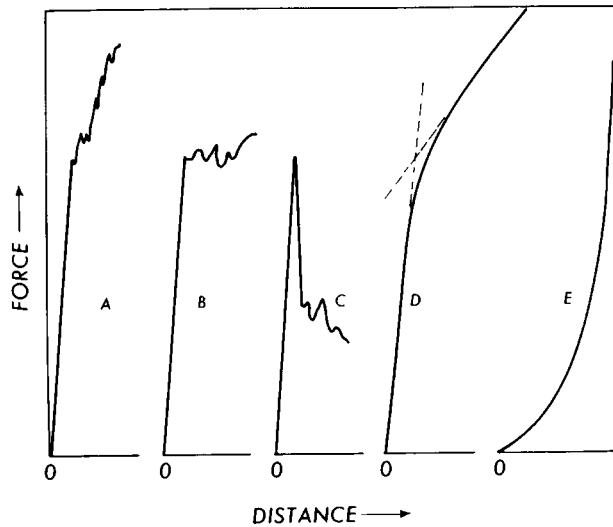


Mynd 1. Dæmi um TPA-feril frá Instron kraftmæli.

2.2.2. Stautun (Puncture): Staut oft með kúlu eða keilulaga enda er þrýst í sýni sem yfirleitt er með mun meira þvermál en stauturinn. Kraft-tímaferli er skráð. Kraftur (K) við uppbrot (yield point) er oft skráður og einnig vegalengdin (V) sem þarf til að ná uppbrotinu. Einnig er $K \times V$ stundum reiknað og kallað vinna að uppbroti (work to failure) (Verrez-Bagniz, 1993). Í puncture mælingum á sér stað bæði samþjöppun og shearing (mynd 2) og er mældur kraftur bæði háður ummáli og flatarmáli stauts. Fimm grunngerðir af ferlum sjást í puncturmælingum (mynd 3) þar sem puncturmælingar henta ekki fyrir matvæli sem sýna ferli E og D er sérútgáfa af A. Aðallega er skoðað tvennt á ferlunum. Fyrst eins og áður hefur komið fram svo kallað uppbrot (yield point) og útslag ferilsins eftir uppbrot þ.e. hvort það helst það sama, eykst eða minnkar.



Mynd 2. Uppdráttur af dæmigerðri stautun (puncture test).

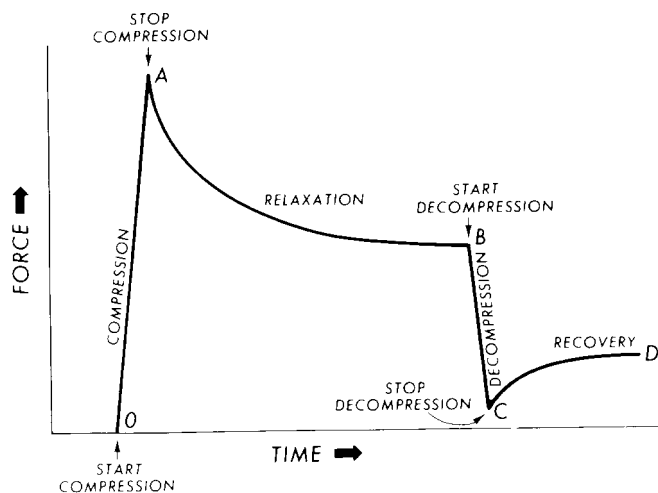


Mynd 3. Dæmigerður uppdráttur af fimm mismunandi tegundum af kraft-fjarlægðar ferlum fyrir stautun (puncture test).

2.2.3. Snúningur (Torsion): Endar sýnis eru festir við tæki og síðan er snúið upp á sýnið. Sýni er oftast formað eins og stundarglas og fest í tækið á breiðari endunum. Þetta er gert til að sýni rifni í miðjunni en ekki þar sem það er fest við tækið. Sá kraftur sem þarf til að rífa sýnið er skráður.

2.2.4. Tog (Tensile): Sýni sem yfirleitt er sívalingslaga er límt á plötur og það síðan togað í sundur. Sá kraftur sem þarf til að rífa sýnið er skráður. Hér líkt og í torsion mælingum er sýnið oft formað eins og stundarglas til að það rifni ekki á festingum. Yfirleitt er gert er ráð fyrir að sýnið rofni snögglega og í ákveðnu plani. Á slíku getur þó verið misbrestur og sprungur og rifur myndast víða um sýnið.

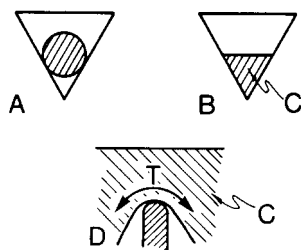
2.2.5. Álag-slökun (Stress-relaxation): Ákveðinn kraftur er lagður á sýnið og kraftferill mótstöðu sýnis er skráður. Hvernig sýnið heldur á móti kraftinum er metið. Þessi aðferð gefur mat á seigju (viscosity) og teygni (fjöðrun) sýnisins (elasticity). Eftir því sem teygni sýnisins er meiri því hraðar bregst það við álagi og nær sýnið upprunalega formi þegar álagið er tekið af sýninu. Mynd 4 sýnir dæmi um stress-relaxation feril. Þar sem þessar breytingar eru tímaháðar er mælt hve langan tíma tekur að ná fram ákveðinni breytingu og þar sem ferillinn er oft „ln(x)-legur“ þá er oft mældur sá tími sem tekur mótstöðuna að minnka í $1/e$ af upprunalegu gildi eða þar sem $1/e = 0.3678$ í 36.78% af upprunalegu gildi.



Mynd 4. Kraft-tíma samspil fyrir sýni með bæði teygni og seigju eiginleika.

2.2.6. Warner - Bratzler: Núningur-skurður. Sellan er byggð upp í kringum þríhyrningslaga gat. Ein hlið þríhyrningsins er botn sellunnar og í henni er rauf. Í gegnum raufina renna hinar hliðar þríhyrningsins sem eru skornar úr (0.04 in. þykku) málmblaði þannig að þríhyrningsgatið minnkar stöðugt. Efsta horn þríhyrningsins er rúnað af. Við mælingu er sýni sett í gatið og málmblaðinu rennt í gegnum raufina. Eftir því sem þríhyrningsgatið minnkar þá þrengist að sýninu og að lokum skera hliðar og horn þríhyrningsins sýnið. Við skurðinn á sér einnig stað shearing (núningur) og tensile stress (tog) (sjá nánar mynd 5).

Fish shearing device er afbriði af Warner-Bratzler sem Chamberlain *et al.* (1993) þróuðu. Gatið er ekki þríhyrningslaga heldur getur verið hring eða ferningslaga.



Mynd 5. Uppdráttur af Warner-Bratzler þríhyrningi og skurði á sýni. A, hringlaga sýni í upphafi. B, sýni fyllir upp í rýmið. C, sýni. D, Tog myndast í sýni við enda blaðsins. T, tog (tensile stress).

2.2.7. Kramer shear: Dæmigerð Kramer shear sella er málmbox (6.6 x 7.3 x 6.4 cm) Botninn er að hluta til opinn þar sem í honum eru rifur (1/8 in.) og málmþil (1/8 in.). Frá hverri rifu liggur renna upp vegg málmboxins. Síðan er laust lok sett á boxið með hliðstæðum rennum og þiljum og eru í botninum. Á kraftásinn eru fest greiða með blöðum sem eru jafnmörg og rifurnar (4-10) (1/8 in. þykk og 2og3/4 in. breið). Sýni er sett í málmboxið, lokið sett á og greiðunni rennt í gegnum lokið á sýnið og í gegnum botninn. Í sýninu getur átt sér stað extrusion, shearing og samþjöppun. Það fer eftir gerð matvælis hvernig blandan er.

2.2.8. Thermal scanning rigidity monitor (TSRM): TSRM sella er notuð fyrir samfellt mat á modulus of rigidity (shear stress/shear strain) og orkulosun (energy damping) við hitun á fiskdeigi. Fleiri en ein tegund af sellum eru til en í grundvallaratriðum virkar sellan þannig að hún inniheldur einhverskonar hólf sem sýnið er sett í. Sellan er tengd hitabaði með stýranlegri hitastigsaukningu. Í miðju hólfins er stykki sem tengt er kraftási kraftmælis og er það hreyft á nokkurra mínútna fresti (upp og niður eða í hringhreyfingu) meðan sýnið er hitað. Montejano *et al.*, 1983, lýsir sellu úr látúni sem er tengd forritanlegu hitabaði. Í grófu dráttum er hún U-laga hólf (botn sellunar) með miðjuplötu sem er tengd kraftási áferðarmælisinnis. Hliðar hólfis og platta eru grópaðar rásam til að koma í veg fyrir að sýnið renni. Sýni er pakkað í hólfid og miðjuplattinn hreyfður í hringhreyfingu á 2ja mínútna fresti meðan sýnið er hitað. Burgarella *et al.* (1985) gerði breytingar á þessari sellu m.a. þannig að hreyfingin er aðeins upp og niður. Skerkrafturinn (shear force) er skráður og rigidity modulus reiknaður þannig (Burgarella *et al.* 1985):

$$G = (F \times t) / (2 \times l \times w \times d)$$

þar sem G = rigidity modulus (Pa), l = lengd sýnis (m), w = breidd sýnis (m), t = þykkt sýnis (m), d = peak-to-peak aflögund sýnis (m) og F = peak-to-peak kraftur (N).

Wu *et al.* (1985a, 1985b) lýsir notkun plunger type TSRM sem notaður er sem sella í Instron kraftmæli, og cylinder type TSRM (Wu *et al.* 1985b) í Brookfield viscometer. Þá hefur Wu *et al.* (1985c) einnig lýst notkun blade type TSRM til notkunar í Instron kraftmæli og er það í raun smækkuð útgáfa á tæki Montejanos *et al.* (1983).

Algeng tæki sem notuð eru við þessar mælingar eru Instron Universal Testing Machine, Texture Analyser TA.XT2, Stevens Compression Response Analyser (SCRA) og Ottawa Texture Measuring System.

Í öllum þessum mælingum er það háð viðkomandi matvæli hve mikil áhrif stærð sýnis hefur á mælingar. Til eru dæmi um bæði línuleg og ólínuleg áhrif auk þess að á ákveðnu bili hefur stærðs sýnis jafnvel engin áhrif. Þess vegna er ráðlegt að staðla allar tilrauna-aðstæður og þar með stærð sýnis frekar en það gefa upp niðurstöður sem kraftútslag/stærð sýnis.

Staðalfrávik geta verið vandamál m.a. vegna misleitni sýna og mismunandi aðferðir geta gefið hliðstæða niðurstöður en mismunandi staðalfrávik. Því geta aðferðir hentað misvel við að greina mismun milli sýna (Pastoriza og Sampedro, 1994; Schubring, 1994).

2.3. Aðferðir notaðar við mat áferðar í mismunandi fiskafurðum

2.3.1. Gel: Hsieh and Regenstein (1992a, 1992b, 1993) leiða út módel fyrir prótein gelun og áferðarmælingar þar sem tekið var fyrir meðal annars rubber elasticity, stress-relaxation og failure compression.

2.3.2. Surimi-gel: Algengustu aðferðir til að meta áferð surimi-gels eru puncture-aðferðin (puncture test, einnig nefnt penetration test og punch test) og folding test. Önnur hentug próf eru compression test eða TPA (texture profile analysis), torsion test og slot-and-blade test (Kramer shear cell).

Sýni eru oftast hituð í görnum eða stálrörum og skorin í stærðir. Einnig má sjóða þau í bökkum og stinga þau út. Ef ekki er lofttæming á farsvél er til bóta að lofttæma fars fyrir suðu. Sýni eru nær alltaf mæld við stofuhita.

2.3.2.1. Stautun (Puncture test): Japanir nota staðlað puncture próf til að meta gelstyrk surimis. Sýnið er lagað eins og sívalningur með þvermál 30 mm og hæð 25 mm (hitað í röri eða görn með 50 mm þvermál). Stauturinn hefur 5 mm kúlu á endanum og hreyfist með hraðanum 20 mm/mín. Mörg önnur þvermál og margir hraðar hafa einnig verið notaðir. Hraði stauts er allt frá 10 mm/mín til 60 mm/mín. Niðurstöður eru venjulega hámarkskraftur (peak force) og stundum einnig dýpt stautsins við brot (fracture, failure) sýnis. Margfeldi þessara stærða er gefinn sem gel styrkur (gel strength) og er notað í gæðaflokkun Japana.

Puncture prófið mælir geleiginleika í ákveðnum punkti í sýninu sem er aldrei fullkomlega einsleitt og er því algengt að fráviksstuðullinn (coefficient of variation), þ.e. staðalfráviknið sem hlutfall af meðaltalinu, sé af stærðinni 10%. Því er nauðsynlegt að framkvæma nokkurn fjölda mælinga á hverju sýni, venjulega meiri en 10.

2.3.2.2. Brot (Folding test): Sýnið er 3mm þykk, hringlaga sneið af surimi-geli. Sýninu er haldið milli þumals og vísifingurs, brotið saman og skoðað hvernig það brotnar, sjá töflu 2.

Tafla 2. Gæðaflokkun surimis samkv. folding test

Flokkun	Ástand
AA	Engin sprunga eftir tvöfalt brot
A	Engin sprunga eftir eitt brot (til helminga)
B	Sprungu myndast hægt eftir brot til helminga
C	Sprungu myndast strax eftir brot til helminga
D	Brotnar við þrýsting fingra

2.3.2.3. Samþjöppun (Compression test): TPA próf hefur verið notað af nokkrum til að mæla eiginleika bæði surimigels og marningsgels (Bourne, M.C., 1978). Erfiðleikar við notkun TPA á surimigel geta komið upp þar sem gelið getur haft svo mikla samloðun að þau brotna ekki, jafnvel þó þau séu pressuð niður í 10% af upprunalegri hæð (Hamann og Macdonald, 1992, p. 461).

Lee, C.M. (1984) lagði til að samþjöppunarpróf með 90% samþjöppun væri notað til að gæðaflokka surimi. Sýni væru 25mm að þvermáli og 25mm á hæð. Mældir eiginleikar séu: samþjöppunarkraftur við brot (failure) eða 90% samþjöppun (það sem gerist fyrr) og aflögun sýnis við brot eða 90% samþjöppun. Hann kallar samþjöppunarkraftinn cohesiveness (samloðun) og rökin fyrir því eru að viðnám sýnisins við samþjöppun sé mælikvarði á bindigetun þ.e. hæfileiki gelsins til að aflagast, frá því að vera sívalningur til að vera flatur diskur, án þess að brotna. Þannig verður það yfirborð af sýninu sem er í snertingu við selluna mun stærra og, þar sem eiginleikar gelsins eru nokkurn veginn óbreyttir þar til það brotnar, þá er krafturinn aðallega fall af þessum hæfileika þ.e. samloðun (cohesiveness). Expressible moisture má mæla samtímis með filterpappír. Vegna hinnar miklu aflögunar sýnis er ekki hægt að reikna beint stress- og strain-gildi við brot.

Lee, C.M. og Chung, K.H. (1989) báru saman niðurstöður frá compression og penetration prófum á geleiginleikum surimis. Breytur sem notaðar voru til að fá surimi af misjöfnum gæðum voru; tegundir, ferskleiki, freeze-abuse, lofttæming (með/án) og íblöndunarefni.

Samþjöppunarkraftur við brot sýnis (failure) reyndist betri mælikvarði á breytum (more discriminative) en penetration kraftur. Niðurstöður gáfu til kynna að samþjöppunarpróf er nytsamt til að meta samloðunareiginleika en penetration próf er betra til að meta þéttleika (density) og compactness. Góð fylgni var milli stærða á compressive og penetration kröftum þegar mæld voru gel búin til úr sömu fisktegundum, með eða án íblöndunarefna, hins vegar var lítil fylgni þegar mælt var surimi sem hafði verið freeze-abused eða var búið til úr ólíkum fisktegundum.

Niðurstaðan var því að þessi tvö próf mæli ólíka eiginleika og að penetration prófið væri áreiðanlegt þegar meta á surimi sem búið er til úr sömu fisktegund og með sömu aðferðum þ.m.t. vatnsinnihald, försunartíma, sýnastærð, suðuhita og suðutíma. Við compression prófun þarf að gæta þess að sýni brotni (fail) og gerðist það vanalega við 90-95% afmyndun þegar vatnsinnihald var 78-79%. Því þarf að ákveða stærð og vatnsinnihald sýnis þannig að sýni brotni innan þess sviðs sem mælt er á. Mælt er með því að nota þessi próf samhliða.

2.3.2.4. Snúningur (Torsion test): Lanier, 1992, telur að torsion prófið sé það próf sem gefi besta mynd af eiginleikum surimigels. National Fisheries Institute (NFI) í U.S.A. leggur til að þetta próf sé notað sem staðalpróf. Sýni sem hafa verið hituð í stálrórum (þvermál 19 mm) eru skorin í 28,7 mm hæð og límd á styrene diska með cyanoacrylate lími. Þá eru þau rennd þannig að þau fái lögum eins og stundaglas með minnsta þvermál 1mm, komið fyrir í sérstökum seigjumæli og snúið upp á það þar til það brotnar. Kraftvægi (snúningsátak) sýnisins er skráð sem fall af snúningshorninu.

Stress og true strain eru síðan reiknaðar út eftir ákveðnum reglum (Lanier, 1992) og má túlka hið fyrra sem styrk (strength) og hið síðara sem samloðun (cohesiveness)

2.3.2.5. Tog (Tension test): Suzuki (1981) lýsir tension prófi hannað af Prof. Y. Shimizu þar sem kleinuhringslagað sýni, skorið úr surimisneið er teygt milli tveggja króka þar til það slitnar. Þetta próf er notað við framleiðslueftirlit í verksmiðjum er vinna matvæli s.s. krabba-analog úr surimi.

2.3.3. Marningur: Hsieh og Regenstein (1989) skoðuðu áferðarbreytingar í þorskmarningi við frostgeymslu við mismunandi hitastig. Sýni voru mótuð í svo kölluðum Nalgene jars (þvermál 35 mm, hæð 40 mm sýni 35mm x 38mm þyngd 29-30 g). Notuð var TPA aðferðin og pressað 65%. Parametrar mældir voru harka 1 (fyrra útslag) harka 2 (seinna útslag) og samloðun. Harkan og samloðunin hækkaði með geymslutíma en þó minna eftir því sem geymsluhitstig lækkaði. Aðrir sem notað hafa Nalgene jars við mat á þorskmarningi eru meðal annars Ragnarsson og Regenstein (1989), Samson *et al.* (1985) og Chapman *et al.* (1993). Jahncke *et al.* (1992) skoðuðu einnig áferðarbreytingar í þorskmarningi.

2.3.4. Flök, hrá og soðin: Á söltuð síldarflök hafa verið notaðar aðferðir eins og TPA, Warner - Bratzler, Kramer shear og Stress - relaxation og var hægt að fylgjast með verkun síldarinnar með þessum aðferðum (Schubring, 1994; Mansur og Horner, 1994, Derrick og Horner, 1995). Dæmi um tíma-kraftferla fyrir mismunandi aðferðir voru tekin fyrir í greininni.

Borderias *et al.* (1983) prófuðu á regnbogasilungi sardínum, ál, brynstritlu og kolmunna Warner-Bratzler, Kramer shear, samþjöppun og puncture próf. Höfundar voru að bera saman skynmat og tækjamat á áferð fyrir bæði flök og marning, soðin og hrá sýni. Í skynmatinu var í fyrsta bita metið wateriness, firmness, elasticity, cohesiveness og við seinni bit hardness og juiciness. Notaður var sjö punkta skali þar sem regnbogasilungurinn var skilgreindur sem miðja skalans og hinum fiskunum raðað eftir því. Niðurstöður þeirra voru að engin fylgni fannst hjá flökum milli tækja og skynmats en fyrir marninginn

fannst fylgni milli parametra. Í greininni er stærð og gerð sýna auk aðstæðna við mismunandi prófanir lýst mjög nákvæmlega.

Azam *et al.*, (1989) mátu áferð á regnbogasilungi. Á hráum flökum var teygni metin með því að pressa staut með kúptum enda og 15 mm í þvermál, tvisvar sinnum 2 mm ofan í flakið. Mismunur fjarlægðar á fyrri og seinni snertistað flaksins var metin sem teygni sýnsins. Soðin flök voru stöppuð og sýni formuð 25 mm í þvermál og 12.5 mm að hæð. Síðan var staut sem var 12.5 mm í þvermál þrýst ofan í sýnið og mesta kraftútslag skráð og kölluð harka. Einnig var framkvæmt skynmat þar sem metið var firmness, toughness, elasticity og succulence. Teygni jókst við *post mortem* geymslu á ís og harkan minnkaði. Niðurstöður skynmats gáfu hins vegar til kynna að ekki var hægt að greina mun á áferð á fyrsta degi og fimmtánda degi geymslutímans.

Við mat á áferð á hráum þorskmarningi við fjórar mismunandi geymsluaðstæður í frosti reyndist gott samræmi milli Stress-relaxation og springiness. Springiness var metið með því að fingri var ýtt á sýni af marningi og metið hve vel sýnið fór til baka. Fylgnistuðlar voru hærri en 0.95 fyrir allar fjórar geymsluaðstæðurnar. Einnig var mikil fylgni milli Stress-relaxation og vatnsheldni (Expressible moisture (EM)) er sýni var pressað í Instron og síupappír tók við vökvanum. Fylgnistuðlar voru alltaf yfir 0.86. Vatnsheldni metin með skilvindun gaf ekki eins góða fylgni við Stress relaxation (Samson *et al.*, 1985).

Botta *et al.* (1987) mat áferð á uppþíddum soðnum þorskflökum með Ottawa Texture Measuring System (firmness- shear compression force). Með þeirri aðferð var hægt að meta árstíðabreytingar í áferð þorskhaldsins.

Botta (1991) lýsir tæki til að meta áferð á hráum þorskflökum án þess að skemma þau. Tækið þrýstir niður í flakið í 1 sek., fjarlægðin mæld og metin sem firmness (di). Síðan er krafturinn tekinn af og hve mikið flakið kom til baka er metið sem resilience (dr). Þá er áferðarstuðull (texture index) (dr/di) reiknaður út.

Chapman *et al.* (1993) mátu breytingar í áferð í flökum af lýsingi og makríl með TPA í frostgeymslu. Notuð voru Nalgene form til að skera út sýni úr flökum sem voru 35 mm í þvermál, 1 tommu af þykkt og 30 g af þyngd. Harka og samloðun jókst með geymslutíma fyrir lýsinginn en aðeins harkan hjá makrílnum. Einnig var marningur skoðaður og jókst harkan svo og samloðunin fyrir báðar þessar fisktegundir með geymslutíma.

Karl og Schreiber (1985) skoðuðu áferð niðursoðins makríls, síldar og kolmunna með Kramer shear sellu (Instron), Brabender Farinograph auk skynmats. Mesta útslag Kramer shear sellunnar var metið sem firmness og í skynmatinu var áferð í fyrsta bita metin auk juiciness og form eftir tyggingu. Einnig var metin heildaráferð sem gefin var nafnið consistency. Góð fylgni var milli áferðar í fyrsta bita og forms eftir tyggingu við bæði firmness og parametra frá Brabender grafinu. Ekki var fylgnin góð við consistency.

Kim and Heldman (1985) fylgdust með breytingum í áferð hrárra þorskflaka við frostgeymslu með TPA. Sýni voru 2.2 cm í þvermál og pressuð 20%. Mæld var harka (kölluð

toughness í greininni) og samloðun (cohesiveness). Reiknaður var út hraði áferðar-breytinga:

$$dC/dt = kC^n$$

Þar sem:

C = mældur áferðarþáttur

t = tími

k = hraðafasti

n = stig jöfnunnar

dC/dt = breytingar á áferðarþátti C með tíma.

Einnig voru reiknuð út áhrif hitastigs í frostgeymslu á hraðafastann (k):

$$k = A \exp(-E_a/RT)$$

Þar sem:

A = fasti

E_a = virkunarorkufasti

R = gasfastinn

T = hitastig í gráður K.

Helstu niðurstöður voru þær að breytingar í áferð fylgdu fyrsta stigs ferli. Harka jókst með tíma en samloðunin minnkaði með geymslutíma í frosti. Hærri virkjunarorka fyrir hörku en samloðun gefur til kynna að geymsluhitastig hefur meiri áhrif á hörkuna en samloðunina.

Kramer og Peters (1981) mátu áhrif pH og frystingar á áferð yellowtail rockfish (*Sebastes flavidus* (karfi)) með Ottawa Texture Measuring System. Soðin flök voru aðskilin í flögur og sýni formuð í ferninga (1/4"). Síðan voru notuð 15 g af þessum sýnum í Kramer shear sellu, fjögurra blaða. Kramer shear gildin hækkuðu með lækandi pH. Þau sýni sem geymd voru nokkra daga sýndu lægri gildi eftir 6 mánaða geymslutíma við -28 C, eftir að niðurstöður höfðu verið leiðréttar með tilliti til pH.

LeBlanc *et al.* (1987) mátu áhrif frystingar og pressunar á áferð bæði hrárra og soðinna fiskflaka. Til þess var notuð 4 blaða Kramer shear sella. Fiskflökin voru skorin í 1 cm³ stykki og 50 g af þeim notuð við hverja prófun. Mæld voru útslög og hallatölur kraftferla og eru dæmi um ferla sýnd í greininni. Mælt var eftir 6 mánaða geymslu við -12 C og -30 C auk þess að ferskur 48 klst. gamall þorskur var einnig mældur. Niðurstöðurnar voru í eftirfarandi röð -12 C, -30 C og ferskur þar sem sýni geymd við -12 C gáfu mestu útslög. Þessi mæliaðferð gaf því vísbendingu um hvernig fiskurinn verður seigur.

Segars *et al.* (1981) prófuðu m.a. tog (tensile) og álag-slökun (stress-relaxation) á flökum af ýmsum fisktegnum. Þeirra niðurstöður voru þær að þessar aðferðir væru nothæfar og ætti að prófa til að mæla ýmsa eiginleika fiskflakanna.

Reid og Durance (1992) skoðuðu áferð í hundlaxi með tilliti til kynþroska. Laxinn var niðursoðinn og úr flakflögum voru formuð sýni 2,5 cm í þvermál og 2 cm þykk. Áferð með tækjum var metin með TPA (Instron) en fyrir skynmatið var General Foods Texture Profile aðferð notuð sem fyrirmynd og firmness, dryness, fibrousness og chewiness metið. TPA parametrarnir höfðu tilhneygingu til að minnka með auknum kynþroska og lítil fylgni reyndist milli áferðar metinni með skynmati og tækjum.

Eifert *et al.* (1992) athuguðu áhrif mismunandi meðhöndlunar við og eftir slátrun á *post mortem* geymslu randaborra. Metin var áferð í bæði hráum og soðnum flökum. Notuð var Kramer shear sella og sýnastærð var 15g. Mæld voru útslög og orka að 30% pressun. Mismunandi meðferð við og eftir slátrun sýndi mismun í Kramer shear parametrum.

Green and Babbitt (1990) skoðuðu mýkingu vöðva tannkolla vegna snýkjudyra. Áferð þverskorinna flakabita (10 x 1 x 4 cm) var metin í þeim hráum og eftir mismunandi hitunaraðferðir. Stautun (puncture test) með flötum haus (þvermál 1 cm) var notuð við mælingarnar. Niðurstöður áferðarmælinganna sýndu mismunandi áhrif hitunaraðferðar á áferð vöðvans.

Johnsson *et al.* (1980) umbreytti kraft-tíma ferlinum í true stress(σ^T)- strain (ϵ^T) feril. Út frá honum var reiknaður svo kallaður modulus of deformability (M) sem er hliðstæður Young modulus. Fyrir nefndi modulusinn gefur grófan mun á sýnum en er ekki næmur á áhrif ýmissa þátta tilraunarinnar svo sem stærðar sýnis eða núning þess við tæki. Þess vegna þarf að staðla tilraunaaðstæður svo samanburður sé mögulegur. Modulus of deformability gefur mat á mótstöðu sýnis gegn afmyndun. Modulus of deformability er fundinn úr á eftirfarandi hátt:

$$M = \sigma^T / \epsilon^T = \text{true stress} / \text{true strain}$$

$$\sigma^T = F(t) (H_0 - dH) / A_0 H_0$$

$$\epsilon^T = \ln(H_0 / (H_0 - dH))$$

$$F(t) = \text{kraftur}$$

$$H_0 = \text{upphafshæð sýnis}$$

$$dH = \text{afmyndun sýnis}$$

$$A_0 = \text{upphaflegt flatarmál sýnis}$$

Þessi aðferð var prófuð á flök af ýmsum fisktegundum bæði hrá og soðin. Sýni voru 1,5-3,0 sm á þykkt og um það bil 15 fersentimetrar á þykkt. Sýnin voru pressuð í Instron og kraft-tímaferillin umreiknaður í true stress-strain feril og M fundinn með línulegri aðhvarfsgreiningu á línulega hluta ferilsins. Fyrstu 20-50% pressunar er ferillinn yfirleitt línulegur en beygir síðan upp eða niður. Frá true stress-strain ferlinum er því hægt m.a. að lesa þrennt. M, hversu lengi ferillinn er línulegur og síðan hvort ferillinn beygir upp eða niður eftir línulega hlutann. Eins og áður hefur komið fram þá prófuðu Johnson *et al.* (1980) ýmsar fisktegundir en þær voru lýsningur, ufsi, flundra, þorskur, drungi og steinbítur. M lækkaði yfirleitt við suðu þ.e. sýnin urðu mýkri, línulegi hlutinn var um 20-40% strain. Þegar línulega hlutanum lauk þá beygði ferillinn yfirleitt upp hjá hráum sýnum

sem bendir til aukinnar samþjöppunar en hjá soðnu sýnunum beygði ferillinn oft niður sem bendir til að innri tengsl séu að rofna.

Johnson *et al.* (1981) prófuðu 26 mismunandi fisktegundir til að skoða samspil áferðamælinga með skynmati og tækjum. Við skynmatið var notað svo kallaður General Foods Texture profile method (descriptive sensory analysis) - 7 punkta skali.

Í fyrsta biti var metið hardness og flakiness

Við tyggingu var metið chewiness, fibrousnes, adhesiveness, cohesiveness of mass auk moisture og oil release.

Við leifar var metið Oily mouth coating og astringent.

Við tækjamælingar var notaður Instron og Puncture and die aðferð. Staut með flötum enda 1 cm í þvermál var þrýst á flökin með 2 cm/mín hraða. Við áferðarmatið var mældur maximum force (shear stress), hallatala við samþjöppun (stiffness) og vegalend sú er staturinn náði að fara í sýninu áður en að uppbroti kom (strain at failure). Í greininni eru gefin dæmi um ferla. Hægt var að raða mismunandi fisktegundum með þessari aðferð eftir áferð þeirra. Bæði tæki og skynmat voru notuð til að meta 18 tegundir. Fylgni reyndist mikil milli sumra parametra er áferð var metin við tækjum og skynmati, t. d. fyrir hardness og chewiness vs. tækja max. stress reyndist fylngistuðullinn 0.81 fyrir fyrri parameterinn en 0.87 fyrir þann seinni.

Feinstein og Buck (1984) skoðuðu áferð hjá keilu og gulsporð með Instron og notuðu til þess aðferð Johnson *et al.* (1980) og reiknuðu út compressive deformability modulus. Sýnin voru 4x4 cm og voru prófuðu hrá og soðin. Mismunandi áferð mældist milli tegunda og eftir því hvort sýni voru soðin eða hrá.

Hatae (1984) mældi áferð í fimm fisktegundum. Firmness var metið með Texturometer á þann hátt að álstaut 13 mm í þvermál var þrýst ofan í soðna flakabita. Einnig var metin samloðun (TPA). Að auki var notuð stöðluð japönsk aðferð svo kölluð penetration depth, þar sem nál er ýtt í vöðvann í 3 sek. Tölfræðilega var vel unnið úr niðurstöðum.

Kruger og Fennema (1989) athuguðu hvaða áhrif frysting og íblöndunarefni hefðu á áferð Alaskaufsa. Geymt var við -10 C í allt að 10 vikur. Mælt var með Instron og Kramer shear sella notuð. 1x 1cm sýni úr miðju flaki voru soðin og 50 g af slíkum sýnum notuð við mælingarnar. Sem mælikvarði á áferðarbreytingar var max kraftur mældur. Hann jókst við frostgeymsluna.

Chamberlain *et al.* (1993) notuðu fish shearing device (FSD) sem er afbrigði af Warner-Bratzler aðferðinni til að skera sundur vöðvasýni og meta shear force. Einnig var framkvæmt skynmat á hráum flakabitum og þeir tuggnir. Nákvæm lýsing var á sýnatöku í greininni og einnig dæmi um ferla úr Instron tækinu. Einnig var útskýrt á mynd hvernig parametrarnir þrjú peak shearing force force at 70% strain og slope er mældir. Mikil

fylgni fékkst milli áferðarmælinga með skynmati og tækjum og voru tækjamælingarnar tölfræðilega nákvæmari.

2.4. Áferð metin með mismunandi aðferðum, tengsl þeirra og samsvörun

Metin var breyting á áferð í þorsk marnings við frystigeyslu (Ragnarsson og Regenstein, 1989). Harka (TPA) var í samræmi við krosstengingu próteina ákvarðað með rafdrætti. Höfundar drógu þá ályktun að krosstengi í próteinum marningsins hefði áhrif á áferð hans við frostgeyslu. Shear strength mælt með Kramer shear og Warner - Bratzler sellum eykst við frostgeyslu á lýsingi (*Merluccius merluccius*) (Montero og Borderias, 1990). Höfundar telja skýringuna aukna samfellingu (aggregation) vöðvatrefjapróteina og kollagens.

2.5. Áferð metin með skynmati.

Með skynmati er áferð metin kerfisbundið með skynfærum mannsins. Skynmatspróf sem notuð eru til að lýsa eiginleikum matvæla eru kölluð myndræn (profile) próf, (Hootmann, R.C.1992). Í upphafi tilrauna eða við hönnun skynmatsprófs eru það dómaraar ásamt hópstjóra sem ákvarða matsþætti til að lýsa eiginleikum matvæla í myndrænu prófi. Þessa matsþætti þarf að skilgreina vel í hverju skynmatsprófi. Bæði þarf að tryggja sama skilning á hugtakinu hjá dómurum og eins þarf að skilgreina vel stærð eða styrkleika matsþáttar til að lýsa mynd viðkomandi sýnis. Áferð matvæla getur samanstaðið af fleiri en einum matsþætti. Niðurstöður áferðarmats með skynmati má kalla áferðarmynd (texture profile) viðkomandi sýnis. Í myndrænu prófi eru eiginleikar metnir eftir ókvörðuðum línunum sem lýsir styrkleika eða stærð sýnis. Við tölfræðilega úrvinnslu gagna eru línurnar kvarðaðar. Æskilegt er að 8-12 þjálfaðir dómaraar taki þátt í skynmatinu. Hver dómari metur sambærilegt sýni og oft er endurtekið mat á sama sýni. Umhverfi og aðstæður þurfa að vera þannig að ekki hafi áhrif eða ónæði skynmat.

Oftast eru eiginleikar sem notaðir eru við skynmat á áferð matvæla metnir í munnholi með tönnum, tungu og góm. Suma eiginleika er einnig hægt að maeta með fingri. Eiginleikum er skipt eftir því hvort sýnin eru metin í fyrsta biti eða þegar tuggið er. Hér verða taldir upp eiginleikar sem algengt er að nota við áferðamat matvæla en mismunandi er hvaða eiginleikar eru valdir í hvert skynmatspróf (Hootman, R.C. 1992). Það getur verið mismunandi eftir tungumálum hvaða hugtök eru til og notuð til að lýsa áferð. Þegar verið er að þýða orð, hugtak eða skilgreiningu á matsþætti úr erlendu máli, þarf að vera öruggt að dómaraar skilji eðli þeirra. Hér verða ensk orð sett í sviga.

Eiginleikar metnir í fyrsta biti á sýni:

Harka (hardness): Hart / mjúkt. Hvað þarf mikinn kraft til að ná sýni í sundur ?

Þéttleiki, stinnleiki (firmness). Mýkt (softness): Stinnur, þéttur (firm) / linur, mjúkur (soft). Hversu mikið viðnám, mótstöðu veitir sýnið í fyrsta biti? Stinnt eða þétt sýni veitir meiri mótstöðu en mjúkt.

Vatnsáferð (watery): Hversu mikið vatn losnar úr sýni við þrýsting. Ekkert vatn / mikið vatn. Má einnig meta með sjónmati þ.e með því að þrýsta á sýni og meta hversu mikið vatn lekur úr sýni.

Samloðun (cohesiveness): Hversu samloðandi er sýnið. Hvað þolir sýni mikla samþjöppun áður en það brotnar. Engin samloðun, sýnið þolir litla samþjöppun og sundrast eða molnar auðveldlega við bit. Mikil samloðun, sýni þolir mikla samþjöppun áður en það brotnar eða sundrast.

Viðloðun, klístrun (adhesiveness): Hversu límkennt, klístrað sýni er. Loðir eða festist sýni við tennur, tungu og góm ?

Fjöðrun (elasticity, springiness): Sýni fjaðrar ekki, það heldur afmynduðu formi án þes að brotna eða fjaðra til baka (plastic). Sýni réttir sig í fyrri lögun eftir samþjöppun (elastic, springy). Þennan eiginleika er einnig hægt og oft auðveldara að meta með því að þrýsta fingri á sýni.

Áferðabættir sem metnir eru þegar sýni er tuggið:

Safaríkur (succulence): Þurr (dry) / safaríkur (succulent). Áhrif vatns í munni. Þurr sýni dregur vatn úr munni þegar tuggi. Safaríkt sýni losar vatn í munn þegar tuggið.

Seigla (toughness): Seigur (tough) / meyr (tender). Hversu auðvelt er að tyggja sýni, hversu lengi þarf að tyggja sýnin. Tyggja þarf seigara sýni lengur en meyr sýni.

2.6. Framleiðslustýring

Schubring (1994) mælti meðal annars með því að nota Warner-Bratzler og TPA til að fylgjast með verkun síldar. Samson *et al.*, (1985) telja að í að minnsta kosti við ákveðnar aðstæður geti vatnsheldni metin í Instron verið betri mælikvarði en DMA á breytingar í þorskmarningi í frosti.

Botta (1991) lýsir tæki til að meta áferð á hráum þorsflökum án þess að skemma þau. Tækið þrýstir niður í flakið í 1 sek, fjarlægðin mæld og metin sem firmness (di). Síðan er krafturinn tekinn af og hve mikið flakið kemur til baka er metið sem resilience (dr). Þá er áferðarstuðull (texture index) (dr/di) reiknaður út. Tækið gaf góða raun við gæðaflokkun og bar vel saman við skynmat með „finguraðfeðinni“. Gæðastuðull lægri en 45 þýddi yfirleitt að flakið var óhæft í 1. flokks umbúðir.

Framleiðsla á afurðum úr surimi krefst nákvæmrar gæðaflokkunar m.t.t. áferðareiginleika og eru áður nefnd próf mikið notuð við gæðamat á surimigeli þ.e. stautun (puncture), samþjöppun (compression), tog (tension), snúningur (torsion), vatnsheldni (expressible moisture) og brotpróf (folding test), auk skynmats.

3. VAL Á AÐFERÐUM TIL NOTKUNAR Í FREKARI RANNSÓKNAR- OG ÞRÓUNARVINNU.

Þær aðferðir sem verða aðlagðar að væntanlegum rannsóknar- og þróunarverkefnum eru eftirfarandi:

1. Áferð metin með tækjum
 - 1.1 Gel og marningur
 - Samþjöppun (Compression)
 - Stautun (Puncture)
 - 1.2 Flök og flakabitar
 - Samþjöppun (Compression)
 - Stautun (Puncture)
 - Álag-slökun (Stress-relaxation)
 - Warner - Bratzler
 - Kramer shear.
2. Áferð metin með skynmati
 - Myndræn próf

4. Lokaorð

Það kom á óvart að af þeim rúmlega 200 greinum sem skoðaðar voru og fjölluðu um áferðarmælingar þá eru einungis 10-15 % þeirra sem fjalla um áferðarmælingar á heilum fiskvöðva. Ef athuganir á marningi eru teknar með, hækkar hlutfallið eitthvað. Flestar greinarnar fjölluðu um athuganir á fiskgelum framleiddum úr surimi. Þó svo hlutfall greina er fjölluðu um heilan vöðva væri ekki hærra þá kom í ljós að hægt var að meta ýmsan breytileika og breytingar við vinnslu á vöðvanum með áferðarmælingum með tækjum. Má þar nefna söltun síldar, breytingar á fiskvöðva við frostgæmslu og áferð mismunandi fisktegunda.

HEIMILDASKRÁ

Abdalla, H., and Singh, R. P. 1985. Simulation of thawing of foods using finite element method. *J. Food Process Engineering* 7:273-286.

Abide, G. P., Hearnberger, J. O., and Silva, J. L. 1990. Initial fish state and mixing time effects on textural characteristics of a restructured catfish product. *J. Food Sci.* 55 (6):1747-1748.

Ahmed, P. O., Miller, M. F., Lyon, C. E., Vaughters, H. M., and Reagan, J. O. 1990. Physical and Sensory Characteristics of Low-Fat Fresh Pork Sausage Processed with Various Levels of Added Water. *J. Food Sci.* 55 (3):625-628.

Alvarez, C., Couso, I., Tejada, M., Solas, M. T., and Fernández. 1992. Action of starch and egg-white on the texture, water-holding capacity and microstructure in surimi gels. In *Quality Assurance in the Fish Industry*, edited by Huss, H. H. e. a.: Elsevier Science Publishers B.V.

Anderson, T. J., and Parrish, F. C., Jr. 1989. Postmortem degradation of titin and nebulin of beef steaks varying in tenderness. *J. Food Sci.* 54 (3):748-749.

Ando, M., Toyohara, H., Shimizu, Y., and Sakaguchi, M. 1991. Validity of puncture test for evaluating change in muscle firmness of fish during ice storage. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57 (12):2341.

Ando, M., Toyohara, H., Shimizu, Y., and Sakaguchi, M. 1991. Post-mortem tenderisation of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* muscle caused by gradual disintegration of the extracellular matrix structure. *J. Sci. Food Agric.* 55:589-597.

Antony, K. P., Srinivas, G., Thankamma, R., and Prabhu, P. V. 1994. Effect of packaging materials on the shelf life of frozen fish fingers. *Fishery Technology* 31 (2):148-152.

Arganosa, G. C., Godber, J. S., Tanchotikul, U., McMillin, K. W., and Shao, K. P. 1991. Processing Ingredients Affecting Oxidative and Textural Stability of Restructured Beef Roasts. *J. Food Sci.* 56 (6):1480; 1496.-1483.

Azam, K., Mackie, I. M., and Smith, J. 1989. The effect of slaughter method on the quality of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) during storage on ice. *Int. J. Food Sci. Technol.* 24:69-79.

Babbitt, J. K., and Reppond, K. D. 1988. Factors affecting the gel properties of surimi. *J. Food Sci.* 53 (3):965-966.

Bakir, H. M., Hultin, H. O., and Kelleher, S. D. 1994. Gelation properties of fatty fish processed with or without added sodium chlorid, cryoprotectants and antioxidants. *Food Research International* 27:443-449.

Bakir, H. M., Hultin, H. O., and Stephen, S. D. 1994. Some properties of fish gels made from several northwest atlantic species in the presence of high and low salt. *J. Food Proc. Pres.* 18:103-117.

Barassi, C. A., Crupkin, M., Martone, C. B., and Trucco, R. E. 1982. Seasonal Variation in the Viscosity of the Extracts of Muscle Proteins of Hake (*Merluccius hubbsi*) Stored on Ice. *J. Sci. Food Agric.* 32:303-305.

Barbut, S., and Mittal, G. S. 1990. Effect of heating rate on meat batter stability, texture and gelation. *J. Food Sci.* 55 (2):334-337.

Barbut, S., and Mittal, G. S. 1990. Effect of heating rate on meat batter stability, texture and gelation. *J. Food Sci.* 55 (2):334-337.

Barrett, A. M., Normand, M. D., Peleg, M., and Ross, E. 1992. Characterization of the jagged stress-strain relationships of puffed extrudates using the fast fourier transform and fractal analysis. *J. Food Sci.* 57 (1):227; 235.-232.

Barton-Gade, P. A., Demeyer, D., Honikel, K. O., Joseph, R. L., Poulanne, E., Severini, M., Smulders, F. J. M., and Tornberg, E. 1993. Reference methods for water holding capacity in meat and meat products: procedures recommended by an OECD working group. Paper read at 39th International Congress of Meat Science and Technology, at Calgary, Canada.

Batistuti, J. P., Barros, R. M. C., and Arêas, J. A. G. 1991. Optimizition of extrusion cooking process for chickpea (*Cicer arietinum*, L.) defatted flour by response surface methodology. *J. Food Sci.* 56 (6):1695-1698.

Beilken, S. L., Eadie, L. M., Griffiths, I., Jones, P. N., and Harris, P. V. 1991. Assessment of the textural quality of meat patties: correlation of instrumental and sensory attributes. *J. Food Sci.* 56 (6):1465; 1475.-1469.

Berry, B. W. 1992. Low fat fevel effects on sensory, shear, cooking, and chemical properties of ground beef patties. *J. Food Sci.* 57 (3):537-540.

Bertak, J. A., and Karahadian, C. 1995. Surimi-based imitation crab characteristics affected by heating method and end point temperature. *J. Food Sci.* 60 (2):292-296.

Bett, K. L. 1993. Measuring sensory properties of meat in the laboratory. *Food Technology* 47 (11):121-122, 124-126, 134.

- Beverige, T., Jones, L., and Tung, M. A. 1984. Progel and gel formation and reversibility of gelation of whey, soybean, and albumen protein gels. *J. Agric. Food Chem.* 32:307-313.
- Bhattacharya, M., Hanna, M. A., and Kaufman, R. E. 1986. Textural properties of extruded plant protein blends. *J. Food Sci.* 51 (4):988-993.
- Bhattacharya, S., Das, H., and Bose, A. N. 1993. Effect of extrusion process variables on the product texture of blends of minced fish and wheat flour. *J. Food Engineering* 19:215-255.
- Bilinski, E., Lau, Y. C., and Jonas, R. E. E. 1977. Objective measurement and control of the firmness of canned herring: Fisheries and Marine Service, Vancouver, Canada.
- Bligh, E. G., and Duclos-Rendell, R. 1986. Chemical and physical characteristics of lightly salted minced cod (*Gadus morhua*). *J. Food Sci.* 51 (1):76-78.
- Borderias, A. J., Lamua, M., and Tejada, M. 1983. Texture analysis of fish fillets and minced fish by both sensory and instrumental methods. *J. Food Technol.* 18:85-95.
- Botta, J. R., Bonnell, G., and Squires, B. E. 1987. Effect of method of catching and time of season on sensory quality of fresh raw atlantic cod (*Gadus morhua*). *J. Food Sci.* 52 (4):928-931, 938.
- Botta, J. R. 1991. Instrument for nondestructive texture measurement of raw Atlantic cod (*Gadus morhua*) fillets. *J. Food Sci.* 56 (4):962-964, 968.
- Bourne, M. C. 1968. Texture profile of ripening pears. *J. Food Sci.* 33 (1):223-226.
- Bourne, M. C. 1978. Texture profile analysis. *Food Technology* 32 (7):62-66.
- Bourne, M. C. 1982. *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. Edited by Stewart, G. F., Schweigert, B. S. and Hawthorn, J., *Food Science and Technology*. New York: Academic Press Inc.
- Burgarella, J. C., Lanier, T. C., and Hamann, D. D. 1985. Effects of added egg white or whey protein concentrate on thermal transitions in rigidity of croaker surimi. *J. Food Sci.* 50 (6):1588-1594, 1606.
- Burgerella, J. C., Lanier, T. C., Hamann, D. D., and Wu, M. C. 1985. Gel strength development during heating of surimi in combination with egg white or whey protein concentrate. *J. Food Sci.* 50 (6):1595-1597.

- Camou, J. P., Sebranek, J. G., and Olson, D. G. 1989. Effect of heating rate and protein concentration of gel strength and water loss of muscle protein gels. *J. Food Sci.* 54 (4):850-854.
- Carbello, J., Barreto, G., and Colmenero, F. J. 1995. Starch and egg white influence on properties of bologna sausage as related to fat content. *J. Food Sci.* 60 (4):673-677.
- Carcea, M., Cubadda, R., and Acquistucci, R. 1992. Physiochemical and rheological characterization of sorghum starch. *J. Food Sci.* 57 (4):1024-1028.
- Careche, M., Alvarez, C., and Tejada, M. 1995. Suwari and kamaboko sardine gels: effect of heat treatment on solubility of networks. *J. Agric. Food Chem.* 43 (4):1002-1010.
- Chamberlain, A. I., Kow, F., and Balasubramaniam, E. 1993. Instrumental method for measuring texture of fish. *Food Australia* 45 (9):439-443.
- Chan, J. K., Gill, T. A., Thompson, J. W., and Singer, D. S. 1995. Herring surimi during low temperature setting, physicochemical and textural properties. *J. Food Sci.* 60 (6):1248-1253.
- Chang, K. C., and Miyamoto, A. 1992. Gelling characteristics of pectin from sunflower head residues. *J. Food Sci.* 57 (6):1435-1438.
- Chang-Lee, M. V., Pacheco-Aguilar, R., Crawford, L., and Lampila, L. E. 1989. Proteolytic activity of surimi from pacific whiting (*Merluccius productus*) and heat-set gel. *J. Food Sci.* 54 (5):1116-1124.
- Chapman, K. W., Sagi, I., Hwang, K. T., and Regenstein, J. M. 1993. Extra-cold storage of hake and mackarel fillets and mince. *J. Food Sci.* 58 (6):1208-1211.
- Chen, C. M., and Trout, G. R. 1991. Sensory, instrumental texture profile and cooking properties of restructured beef steaks made with various binders. *J. Food Sci.* 56 (6):1457-1460.
- Chen, J. S., Lee, C. M., and Crapo, C. 1993. Linear programming and response surface methodology to optimize surimi gel structure. *J. Food Sci.* 58 (3):535-538.
- Cheng, C. S., Hamann, D. D., Webb, N. B., and Sidwell, V. 1979. Effects of species and storage time on minced fish gel texture. *J. Food Sci.* 44 (4):1087-1092.
- Cheng, C. S., Hamann, D. D., and Webb, N. B. 1979. Effect of thermal processing on minced fish gel texture. *J. Food Sci.* 44 (4):1080-1086.

Christianson, D. D., Casiraghi, E. M., and Bagley, E. B. 1985. Uniaxial compression of bonded and lubricated gels. *J. Rheology* 29 (6):671-684.

Chung, K. H., and Lee, C. M. 1990. Relationship between physiochemical properties of nonfish protein and textural properties of protein-incorporated surimi gel. *J. Food Sci.* 55 (4):972-975, 988.

Chung, K. H., and Lee, C. M. 1991. Water binding and ingredient dispersion pattern effects on surimi gel texture. *J. Food Sci.* 56 (5):1263-1266.

Chung, Y. C., Gebrehiwot, A., Farkas, D. F., and Morrissey, M. T. 1994. Gelation of surimi by high hydrostatic pressure. *J. Food Sci.* 59 (3):523-524, 543.

Cormier, A., Chiasson, S., and Munsch, M. H. 1988. Prediction de l'aw de bouchees de morue, microbiologie, texture et evaluation sensorielle. *Canadian Institute of Food Science and Technology* 21 (3):287-294.

Dagbjartsson, B., and Solberg, M. 1972. A simple method to determine the water-holding capacity of muscle foods. *J. Food Sci.* 37:499-500.

Daley, L. H., Deng, J. C., and Cornell, J. A. 1978. Development of a sausage-type product from minced mullet using response surface methodology. *J. Food Sci.* 43 (5):1501-1506.

Daum-Thunberg, D. L., Foegeding, E. A., and Ball, H. R., jr. 1992. Rheological and water-holding properties of comminuted turkey breast and thigh: effects of initial pH. *J. Food Sci.* 57 (2):333-337.

Davis, E. A., and Gordon, J. 1984. Microstructural analyses of gelling systems. *Food Technology* 38 (5):99-106.

Davis, J. R., Ledward, D. A., Bardsley, R. G., and Poulter, R. G. 1994. Species dependence of fish myosin stability to heat and frozen storage. *Int. J. Food Sci. Technol.* 29:287-301.

Delaquis, P., Gariépy, C., Dussault, F., and Riendeau, L. 1993. Effect of acidification with encapsulated lactate on microbiological, textural and sensory properties of cooked comminuted fish. *J. Aqu. Food Prod. Technol.* 2 (4):55-66.

Derrick, S., and Horner, W. F. A. Monitoring texture changes during the ripening of salt-herring (*Clupea harengus*) using data from stress-relaxation tests: University of Hull.

Dias, J., Nunes, M. L., and Mendes, R. 1994. Effect of frozen storage on the chemical and physical properties of black and silver scabbardfish. *J. Sci. Food Agric.* 66 (3):327-

335.

Douglas-Schwarz, M., and Lee, C. M. 1988. Comparison of the thermostability of red hake and alaska pollock surimi during processing. *J. Food Sci.* 53 (5):1347-1351.

Dunajski, E. 1979. Texture of fish muscle. *J. Texture Studies* 10:301-318.

Eifert, J. D., Hackney, C. R., Libey, G. S., and Flick, G. J., Jr. 1992. Aquacultured hybrid striped bass fillet quality resulting from post-harvest cooling or CO₂ treatments. *J. Food Sci.* 57 (5):1099-1101.

Eilert, S. J., Blackmer, D. S., Mandigo, R. W., and Calkins, C. R. 1993. Meat batters manufactured with modified beef connective tissue. *J. Food Sci.* 58 (4):691-696.

Elejalde, C. C., and Kokini, J. L. 1992. Identification of key textural attributes of viscoelastic syrups by regression analysis. *J. Food Sci.* 57 (1):167-171.

Feinstein, G. R., and Buck, E. M. 1984. Relationship of texture to pH and collagen content of yellowtail flounder and cusk. *J. Food Sci.* 49 (1):298-299.

Finney, E. E., Jr. 1972. Elementary concepts of rheology relevant to food texture studies. *Food Technology* (2):69-77.

Foegeding, E. A., and Ramsey, S. R. 1987. Rheological and water-holding properties of gelled meat batters containing iota carrageenan, kappa carrageenan or xanthan gum. *J. Food Sci.* 52 (3):549-553.

Frazier, P. J., Leigh-Dugmore, F. A., Daniels, N. W. R., Russell Eggitt, P. W., and Coppock, J. B. M. 1973. The effect of lipoxygenase action on the mechanical development of wheat flour doughs. *J. Sci. Food Agric.* 24:421-436.

Gómez-Goillén, M. C., Borderías, A. J., and Montero, P. 1996. Rheological properties of gels made from high- and low-quality sardine (*Sardina pilchardus*) mince with added nonmuscle proteins. *J. Agric. Food Chem.* 44:746-750.

Green, D. H., and Babbitt, J. K. 1990. Control of muscle softening and protease-parasite interactions in arrowtooth flounder *Atheresthes stomias*. *J. Food Sci.* 55 (2):579-580.

Guinard, J.-X., and Mazzucchelli, R. 1996. The sensory perception of texture and mouthfeel. *Trends in Food Science and Technology* 7 (July):213-219.

Guzman, J. C., McMillin, K. W., Bidner, T. D., Dugas-Sims, S., and Godber, J. S. 1995. Texture, color and sensory characteristics of ground beef patties containing bovine blood proteins. *J. Food Sci.* 60 (4):657-660.

Hamann, D. D. 1987. Methods for measurement of rheological changes during thermally induced gelation of proteins. *Food Technology* 41 (3):100-108.

Hamann, D. D., Amato, P. M., Wu, M. C., and Foegeding, E. A. 1990. Inhibition of modori (gel weakening) in surimi by plasma hydrolysate and egg white. *J. Food Sci.* 55 (3):665; 795.-669.

Hastings, R. J., and Currall, J. E. P. 1989. Effects of water, oil, egg white and starch on the texture of cod surimi gels by response surface methodology. *J. Texture Studies* 19:431-451.

Hastings, R. J. 1989. Comparison of the properties of gels derived from cod surimi and from unwashed and once-washed cod mince. *J. Food Sci. Technol.* 24:93-102.

Hastings, R. J., Keay, J. N., and Young, K. W. 1990. The properties of surimi and kamo-boko gels from nine British species of fish. *Int. J. Food Sci. Technol.* 25:281-294.

Hatae, K., Yoshimatsu, F., and Matsumoto, J. J. 1984. Discriminative characterization of different texture profiles of various cooked fish muscles. *J. Food Sci.* 49 (3):721-726.

Hatae, K., Yoshimatsu, F., and Matsumoto, J. J. 1988. An integrated quantitative correlation of textural profiles of fish. *J. Food Sci.* 53 (3):679-683.

Hatae, K., Lee, K. H., Tsuchiya, T., and Shimada, A. 1989. Textural properties of cultured and wild fish meat. *Nippon Suisan Gakkaishi* 55 (2):363-368.

Himelbloom, B. H., Crapo, C. A., Brown, E. K., and Doyle, J. P. 1994. Factors affecting quality of rock sole (*Lepidopsetta bilineata*) fillets. *J. Aqu. Food Prod. Technol.* 3 (2):45-56.

Hirahara, H., Tanaka, M., Nagashima, Y., and Taguchi, Y. 1990. Thermal gelation of striped marlin and sardine myosins. *Nippon Suisan Gakkaishi* 56 (3):545.

Hootman, R. C., ed. 1992. *Manual on descriptive analysis testing for sensory evaluation, ASTM Manual Series*. Philadelphia: ASTM.

Howe, J. R., Hamann, D. D., Lanier, T. C., and Park, J. W. 1994. Fracture of Alaska pollock gels in water: effects of minced muscle processing and test temperature. *J. Food Sci.* 59 (4):777-780.

Hsia, H. Y., Smith, D. M., and Steffe, J. F. 1992. Rheological properties and adhesion characteristics of flour-based batters for chicken nuggets as affected by three hydro-colloids. *J. Food Sci.* 57 (1):16; 24.-18.

- Hsieh, Y. L., and Regenstein, J. M. 1989. Texture changes of frozen stored cod and ocean perch minces. *J. Food Sci.* 54 (4):824-826.
- Hsieh, Y. L., and Regenstein, J. M. 1992. Elastic attributes of heated egg protein gels. *J. Food Sci.* 57 (4):862-868.
- Hsieh, Y. L., and Regenstein, J. M. 1992. Modeling gelation of albumen and ovalbumin. *J. Food Sci.* 57 (4):856-861.
- Hsieh, Y. L., and Regenstein, J. M. 1993. Failure deformation and stress relaxation of heated egg white gels. *J. Food Sci.* 58 (1):113; 123.-115.
- Hsu, S. Y. 1990. Effect of frozen storage and other processing factors on the quality of surimi. *J. Food Sci.* 55 (3):661-664.
- Hsu, C. K., Kolbe, E., Morrissey, M. T., and Chung, Y. C. 1993. Protein denaturation of frozen pacific whiting (*Merluccius productus*) fillets. *J. Food Sci.* 58 (5):1055-1056, 1075.
- Huff, E. J., and Parrish, F. C. j. 1993. Bovine longissimus muscle tenderness as affected by postmortem aging time, animal age and sex. *J. Food Sci.* 58 (4):713-716.
- Ishizaki, S., Lin, W. L., Tanaka, M., Taguchi, T., and Amano, K. 1994. Fish myosin fragments solubility and ANS-fluorescence intensity affected by n-butanol. *J. Food Sci.* 59 (1):97-100, 114.
- Ismond, M. A. H., and Tonogai, J. R. 1994. Manitoba whitefish (*Coregonus clupeaformis*) potentials for fabrication of texturized seafood analogs. *J. Food Sci.* 59 (3):501-503.
- Iso, N., Mizuno, H., Saito, T., Ohzeki, F., and Kurihara, N. 1984. The change of the rheological properties of surimi (minced fish-meat) by heating. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 50 (6):1045-1049.
- Iwaoka, W. T., and Akamine, J. S. 1993. Frozen storage studies of formulated skipjack tuna patties. *J. Aqu. Food Prod. Technol.* 2 (2):5-29.
- Jahncke, M., Baker, R. C., and Regenstein, J. M. 1992. Frozen storage of unwashed cod (*Gadus morhua*) frame mince with and without kidney tissue. *J. Food Sci.* 57 (3):575-580.
- Jauregui, C. A., Regenstein, J. M., and Baker, R. C. 1981. A simple centrifugal method for measuring expressible moisture, a water-binding property of muscle foods. *J. Food Sci.* 46 (4):1271-1273.

- Johnson, E. A., Seggars, R. A., Kapsalis, J. G., Normand, M. D., and Peleg, M. 1980. Evaluation of the compressive deformability modulus of fresh and cooked fish flesh. *J. Food Sci.* 45 (5):1318-1326.
- Johnson, E. A., Peleg, M., and Sawyer, F. M. 1981. Mechanical methods of measuring textural characteristics of fish flesh.
- Kamata, Y., and Kinsella, J. E. 1989. A comparison of creep phenomena in food protein gels. *J. Food Sci.* 54 (1):170-172.
- Karl, H., and Schreiber, W. 1985. Texture analysis of canned fish. *J. Texture Studies* 16:271-280.
- Karmas, E., and Lauber, E. 1987. Novel products from underutilized fish using combined processing technology. *J. Food Sci.* 52 (1):7-9.
- Kato, N., Lee, N.-H., Fukuda, K., and Arai, K. 1993. Quality of frozen seafood analog such as crab leg type and scallop adductor type products. *Nippon Suisan Gakkaishi* 59 (5):815-820.
- Kazemzadeh, M., Aguilera, J. M., and Rhee, K. C. 1982. Use of microscopy in the study of vegetable protein texturization. *Food Technology* 36 (4):111-118.
- Kenney, P. B., Kastner, C. L., and Kropf, D. H. 1992. Muscle washing and raw material source affect quality and physiochemical properties of low-salt, low-fat restructured beef. *J. Food Sci.* 57 (3):545-550, 589.
- Kim, Y. J., and Heldman, D. R. 1985. Quantitative analysis of texture change in cod muscle during frozen storage. *J. Food Process Engineering* 7:265-272.
- Kim, B. Y., Hamann, D. D., Lanier, T. C., and Wu, M. C. 1986. Effects of freeze-thaw abuse on the viscosity and gel-forming properties of surimi from two species. *J. Food Sci.* 51 (4):951-1004.
- Kim, J. M., and Lee, C. M. 1987. Effect of starch on textural properties of surimi gel. *J. Food Sci.* 52 (3):722-725.
- Kimura, H., Saito, T., Mizuno, H., Ogawa, H., Mochizuki, Y., Suyama, Y., and Iso, N. 1991. The rheological properties of salted jellyfish during cooking and dipping in water. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57 (3):463-466.
- King, F. J., and Flick, G. J. 1973. Beefish patties. *Marine Fisheries Review* 35 (7):31-33.

- Kitabatake, N., Shimizu, Y., and Doi, E. 1988. Continuous production of fish meat sol using a twin-screw extruder. *J. Food Sci.* 53 (2):344-348.
- Knudsen, L. B., Børresen, T., and Nielsen, J. 1987. Textural parameters in compression testing of gel made from fresh and frozen fish mince. *J. Texture Studies* 18:261-271.
- Kocher, P. N., and Foegeding, E. A. 1993. Microcentrifuge-based method for measuring water-holding of protein gels. *J. Food Sci.* 58 (5):1040-1046.
- Kolakowska, A., and Szczygielski, M. 1994. Stabilization of lipids in minced fish by freeze texturization. *J. Food Sci.* 59 (1):88-90.
- Koning, A. J. d., and Mol, T. H. 1991. Quantitative quality tests for frozen fish: soluble protein and free fatty acid content as quality criteria for hake (*Merluccius capensis*) stored at -18°C. *J. Sci. Food Agric.* 54:449-458.
- Konstance, R. P. 1991. Axial compression properties of kamaboko. *J. Food Sci.* 56 (5):1287-1291.
- Kramer, D. E., and Peters, M. D. 1981. Effect of pH and prefreezing treatment on the texture of yellowtail rockfish (*Sebastes flavidus*) as measured by the Ottawa measuring system. *J. Food Technol.* 16:493-504.
- Krueger, D. B., and Fennema, O. W. 1989. Effect of chemical additives on toughening of fillets of frozen Alaska pollack (*Theragra chalcogramme*). *J. Food Sci.* 54 (5):1101-1106.
- Kugino, M., and Kugino, K. 1994. Microstructural and rheological properties of cooked squid mantle. *J. Food Sci.* 59 (4):792-796.
- Kulwich, R., Decker, R. W., and Alsmeyer, R. H. 1963. Use of slice-tenderness evaluation device with pork. *Food Technology* (2):83-85.
- Kuo, J.-D., Peleg, M., and Hultin, H. O. 1990. Tensile characteristics of squid mantle. *J. Food Sci.* 55 (2):369-371, 433.
- Kurade, S. A., and Baranowski, J. D. 1987. Prediction of shelf-life of frozen minced fish in terms of oxidative rancidity as measured by TBARS number. *J. Food Sci.* 52 (2):300-302, 311.
- Lanier, T. C., Lin, T. S., Hamann, D. D., and Thomas, F. B. 1980. Gel formation in comminuted fish systems. In *Proc. Third Nat. Tech. Seminar on Mechanical Recovery and Utilization of Fish Flesh*, edited by Martin, R. E. Washington, D.C.: National Fisheries Inst.

- Lanier, T. C., Lin, T. S., Liu, Y. M., and Hamann, D. D. 1982. Heat gelation properties of actomyosin and surimi prepared from Atlantic croaker. *J. Food Sci.* 47:1921-1925.
- Lanier, T. C. 1986. Functional properties of surimi. *Food Technology* 40 (3):107-114.
- Lavelle, C. L., and Foegeding, E. A. 1993. Gelation of turkey breast and thigh myofibrils: effects of pH, salt and temperature. *J. Food Sci.* 58 (4):727-730, 760.
- Lavéty, J., and Love, R. M. 1972. The strengthening of cod connective tissue during starvation. *Comp. Biochem. Physiol.* 41A:39-42.
- Lavéty, J., Afolabi, O. A., and Love, R. M. 1988. The connective tissue of fish. IX. Gaping in farmed species. *Int. J. Food Sci. Technol.* 23:23-30.
- Leblanc, E. L., Leblanc, R. J., and Gill, T. A. 1987. Effects of pressure processing on frozen stored muscle proteins of atlantic cod (*Gadus morhua*) fillets. *J. Food Proc. Pres.* 11:209-233.
- Lee, C. M., and Toledo, R. T. 1976. Factors affecting textural characteristics of cooked comminuted fish muscle. *J. Food Sci.* 41 (2):391-397.
- Lee, C. M., and Toledo, R. T. 1979. Processing and ingredient influences on texture of cooked comminuted fish muscle. *J. Food Sci.* 44 (6):1615-1618.
- Lee, C. M., and Kim, J. M. 1986. Texture and freeze-thaw stability of surimi gels in relation to ingredients and formulation. In *Proceedings of International Symposium on Engineered Seafood Including Surimi*, edited by Martin, R. and Collate, R. Washington, D.C.: National Fisheries Institute.
- Lee, C. M., Whiting, R. C., and Jenkins, R. K. 1987. Texture and sensory evaluations of frankfurters made with different formulations and processes. *J. Food Sci.* 52 (4):896-900.
- Lee, C. M., and Chung, K. H. 1989. Analysis of surimi gel properties by compression and penetration tests. *J. Texture Studies* 20:363-377.
- Lee, H. G., Lee, C. M., Chung, K. H., and Lavery, S. A. 1992. Sodium ascorbate affects surimi gel-forming properties. *J. Food Sci.* 57 (6):1343-1347.
- Lee, E., Meyers, S. P., and Godber, J. S. 1993. Minced meat crabcake from blue crab processing by-products - development and sensory evaluation. *J. Food Sci.* 58 (1):99-103.
- Lee, H. G., Lanier, T. C., Hamann, D. D., and Knopp, J. A. 1997. Transglutaminase effects on low temperature gelation of fish protein sols. *J. Food Sci.* 62 (1):20-24.

- Lee, H. G., Lanier, T. C., and Hamann, D. D. 1997. Covalent cross-linking effects on thermo-rheological profiles of fish protein gels. *J. Food Sci.* 62 (1):25-28, 32.
- Lee, H. G., Lanier, T. C., and Hamann, D. D. 1997. Chemically induced covalent crosslinks affect thermo-rheological profiles of fish protein gels. *J. Food Sci.* 62 (1):29-32.
- Lin, D., and Morrissey, M. T. 1995. Northern squawfish (*Ptychocheilus Oregonensis*) for surimi production. *J. Food Sci.* 60 (6):1245-1247,1253.
- Liu, G., and Xiong, Y. L. 1996. Contribution of lipid and protein oxidation to rheological differences between chicken white and red muscle myofibrillar proteins. *J. Agric. Food Chem.* 44 (3):779-784.
- Love, R. M., Robertson, I., Smith, G. L., and Whittle, K. J. 1974. The texture of cod muscle. *J. Texture Studies* 5:201-212.
- Love, R. M. 1983. Texture and the fragility of fish muscle cells. Research at the Torry research station. *J. Texture Studies* 14:323-352.
- Macdonald, G. A., Lelievre, J., and Wilson, N. D. C. 1990. Strength of gels prepared from washed and unwashed minces of hoki (*Macruronus novaezelandiae*) stored in ice. *J. Food Sci.* 55 (4):976-978, 982.
- Macdonald, G. A., Lelievre, J., and Wilson, N. D. C. 1992. Effect of frozen storage on the gel forming properties of Hoki (*Macruronus novaezelandiae*). *J. Food Sci.* 57 (1):69-71.
- Makinodan, Y., and Hujita, M. 1990. Textural degradation of cooked fish meat gel (kamaboko) by the addition of an edible mushroom, Judas' ear (*Auricularia auriculajudae* (Fr.) Quel). *J. Food Sci.* 55 (4):979-982.
- Mann, T. F., Reagan, J. O., Johnson, L. P., Lyon, C. E., Mabry, J. W., and Miller, M. F. 1990. Textural and chemical characteristics of recombined precooked beef chuck roasts as influenced by boning time and salt level. *J. Food Sci.* 55 (2):330-333.
- Mansur, M. A., and Horner, W. F. A. 1994. Monitoring texture changes during the ripening of salt-herring (*Clupea harengus*) using data from stress-relaxation tests. PhD, University of Hull International Fisheries Institute U.K., University of Hull, Hull.
- Martin, R. E. 1976. Mechanically-deboned fish flesh. *Food Technology* 30 (9):64-70.

- Montejano, J. G., Hamann, D. D., and Lanier, T. C. 1983. Final strengths and rheological changes during processing of thermally induced fish muscle gels. *J. Rheology* 27 (6):557-579.
- Montero, P., and Borderías, J. 1990. Behaviour of myofibrillar proteins and collagen in hake (*Merluccius merluccius L.*) muscle during frozen storage and its effect on texture. *Lebensmittel Untersuchung und Forschung* 190:112-117.
- Mouquet, C., Dumas, J.-C., and Guilbert, S. 1992. Texturization of sweetened mango pulp: optimization using response surface methodology. *J. Food Sci.* 57 (6):1395-1400.
- Nielsen, R. G., and Pigott, G. M. 1994. Gel strength increased in low-grade heat-set surimi with blended phosphates. *J. Food Sci.* 59 (2):246-250.
- Ocón, A., Anzaldúa-Morales, A., Quintero, A., and Gastélum, G. 1995. Texture of pecans measured by sensory and instrumental means. *J. Food Sci.* 60 (6):1333-1336.
- Ogawa, H., Oohusa, T., Saito, T., Iso, N., Mizuno, H., and Fulino, A. 1991. Texture of nori porphyra spp. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57 (2):301-306.
- Ogawa, M., Kanamaru, J., Miyashita, H., Tamiya, T., and Tsuchiya, T. 1995. Alpha-helical structure of fish actomyosin: changes during setting. *J. Food Sci.* 60 (2):297-299.
- Oka, H., Ohno, K., and Ninomiya, J. 1990. Changes in texture during cold storage of cultured yellowtail meat prepared by different killing methods. *Nippon Suisan Gakkaishi* 56 (10):1673-1678.
- Okechukwu, P. E., Rao, M. A., Ngoddy, P. O., and McWatters, K. H. 1992. Firmness of cowpea gels as a function of moisture and oil content, and storage. *J. Food Sci.* 57 (1):91-95.
- Oreskovich, D. C., Bechtel, P. J., McKeith, F. K., Novakofski, J., and Basgall, E. J. 1992. Marinade pH affects textural properties of beef. *J. Food Sci.* 57 (2):305-311.
- Pacheco-Aguilar, R., and Crawford, D. L. 1994. Potassium bromate effects on gel-forming ability of Pacific whiting surimi. *J. Food Sci.* 59 (4):786-791.
- Park, J. W., Lanier, T. C., Keeton, J. T., and Hamann, D. D. 1987. Use of cryoprotectants to stabilize functional properties of prerigor salted beef during frozen storage. *J. Food Sci.* 52 (3):537-542.
- Park, J. W. 1994. Functional protein additives in surimi gels. *J. Food Sci.* 59 (3):524-527.

- Park, J. W., Yongsawatdigul, J., and Lin, T. M. 1994. Rheological behavior and potential cross-linking of Pacific whiting (*Merluccius productus*) surimi gel. *J. Food Sci.* 59 (4):773-776.
- Parsons, C., Pham, A. T. T., and Haard, N. F. 1984. Meat textured fish protein concentrate from minced cod (*Gadus Morhua*). *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.* 17 (4):274-277.
- Pastoriza, L., and Sampedro, G. 1994. Influence of ice storage on ray (*Raja clavata*) wing muscle. *J. Sci. Food Agric.* 64:9-18.
- Payne, N. N., and Rizvi, S. S. H. 1988. Rheological behavior of comminuted meat batters. *J. Food Sci.* 53 (1):70-73, 87.
- Peleg, M. 1979. Characterization of the stress relaxation curves of solid foods. *J. Food Sci.* 44 (1):277-281.
- Peleg, M. 1983. The semantics of rheology and texture. *Food Technology* 37 (11):54-61.
- Peleg, M. 1985. Comparison between various correction factors in the calculation of the creep compliance. *J. Texture Studies* 16:119-127.
- Pipatsattayanuwong, S., Park, J. W., and Morrissey, M. T. 1995. Functional properties and shelf life of fresh surimi from Pacific whiting. *J. Food Sci.* 60 (6):1241-1244.
- Ragnarsson, K. 1987. The effect of various salts on the chemical and textural changes in frozen gadoid and non-gadoid fish minces. Dr. Phil. Thesis, Cornell University, Cornell.
- Ragnarsson, K., and Regenstein, J. M. 1989. Changes in electrophoretic patterns of gadoid and non-gadoid fish muscle during frozen storage. *J. Food Sci.* 54 (4):819-823.
- Reddy, G. V. S. R., and Srikar, L. N. 1991. Preprocessing ice storage effects on functional properties of fish mince protein. *J. Food Sci.* 56 (4):965-968.
- Reddy, G. V. S., Srikar, L. N., and Sudhakara, N. S. 1992. Deteriorative changes in pink perch mince during frozen storage. *Int. J. Food Sci. Technol.* 27:271-276.
- Regenstein, J. M., Gorimar, T. S., and Sherbon, J. W. 1979. Measuring the water holding capacity of natural actomyosin from chicken breast muscle in the presence of pyrophosphate and divalent cations. *J. Food Biochem.* 3:205-211.
- Regenstein, J. M. 1984. Protein-water interactions in muscle foods. *Reciprocal Meat Conference Proceedings* 37:44-51.

- Regenstein, J. M. 1986. The potential for minced fish. *Food Technology* 40 (3):101-106.
- Reid, R. A., and Durance, T. D. 1992. Textural changes of canned chum salmon related to sexual maturity. *J. Food Sci.* 57 (6):1340-1342.
- Reppond, K. D., Edson, S. A., Babbitt, J. K., and Hardy, A. 1987. Observations on the functional properties of U.S. land-processed surimi. *J. Food Sci.* 52 (2):505-506.
- Reppond, K. D., Babbitt, J. K., Berntsen, S., and Tsuruta, M. 1995. Gel properties of surimi from Pacific herring. *J. Food Sci.* 60 (4):707-710,714.
- Reppond, K. D., and Babbitt, J. K. 1997. Gel properties of surimi from various fish species as affected by moisture content. *J. Food Sci.* 62 (1):33-36.
- Rounds, R. C., Glenn, C. L., and Bush, A. O. 1992. Consumer acceptance of brown trout (*Salmo trutta*) as an alternative species to rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J. Food Sci.* 57 (3):572-574.
- Sadowska, M., and Sikorski, Z. E. 1977. Evaluation of technological suitability of fish meat by rheological measurements. *Lebensm.-Wiss. u. -Technol.* 10 (5):239-245.
- Sakamoto, H., Kumazawa, Y., Toiguchi, S., Seguro, K., Soeda, T., and Motoki, M. 1995. Gel strength enhancement by addition of microbial transglutaminase during onshore surimi manufacture. *J. Food Sci.* 60 (2):300-304.
- Samejima, K., Lee, N. H., Ishioroshi, M., and Asghar, A. 1992. Protein extractability and thermal gel formability of myofibrils isolated from skeletal and cardiac muscles at different post-mortem periods. *J. Sci. Food Agric.* 58:385-393.
- Samson, A., and Regenstein, J. M. 1985. Measuring textural changes in frozen minced cod flesh. *J. Food Biochem.* 9:147-159.
- Samson, A., and Regenstein, J. M. 1986. Textural changes in frozen cod frame minces stored at various temperatures. *J. Food Chem.* 10:259-273.
- Sano, T., Noguchi, S. F., Tsuchiya, T., and Matsumoto, J. J. 1986. Contribution of paramyosin to marine meat gel characteristics. *J. Food Sci.* 51 (4):946-950.
- Sawyer, F. M., Cardello, A. V., Prell, P. A., Johnson, E. A., Segars, R. A., Maller, O., and Kapsalis, J. 1984. Sensory and instrumental evaluation of snapper and rockfish species. *J. Food Sci.* 49 (3):727-733.

Schreiber, W., and Karl, H. 1985. *Texturmessungen in fischfilets*. Vortrag, gehalten auf der Jahrestagung des Ernährungswissenschaftlichen Beirats der deutschen Fishwirtschaft am 9. und 10. november 1985 in Fulda.

Schubring, R. 1994. Preliminary results of different physical methods used to characterize salted herring. Paper read at Western European Fish Technologists' Association, 24th annual meeting, at Nantes, France.

Segars, R. A., Johnson, E. A., Kapsalis, J. G., and Peleg, M. 1981. Some tensile characteristics of raw fish flesh. *J. Texture Studies* 12:375-387.

Seguro, K., Kumazawa, Y., Ohtsuka, T., Toiguchi, S., and Motoki, M. 1995. Microbial transglutaminase and ϵ -(γ -glutamyl)lysine crosslink effects on elastic properties of kamaboko gels. *J. Food Sci.* 60 (2):305-311.

Seidler, T., Lachowicz, K., and Krupska, B. 1986. Studies on thermal treatment of hake. Part 1. Effects of thermal treatment and frozen storage on the content of SH groups and rheologic properties of hake flesh. *Die Nahrung* 30:191-198.

Shackelford, S. D., Koohmaraie, M., Whipple, G., Wheeler, T. L., Miller, M. F., Crouse, J. D., and Reagan, J. O. 1991. Predictors of beef tenderness: development and verification. *J. Food Sci.* 56 (5):1130-1140.

Shen, D. L., and Morr, C. V. 1979. Physicochemical aspects of texturization: fiber formation from globular proteins. *J. Am. Oil Chemist's Soc.* 56:63A-70A.

Sherman, P. 1969. A texture profile of foodstuffs based upon well-defined rheological properties. *J. Food Sci.* 34:458-462.

Stefansdottir, J. 1986. *Mælingar á áferðareiginleikum fiskmarnings*. M.S., University of Iceland/Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins, Reykjavik.

Stone, A. P., and Stanley, D. W. 1994. Muscle protein gelation at low ionic strength. *Food Research International* 27:155-163.

Sych, J., Lacroix, C., Adambounou, L. T., and Castaigne, F. 1990. Cryoprotective effects of some materials on cod-surimi proteins during frozen storage. *J. Food Sci.* 55 (5):1222-1227, 1263.

Sylvia, G., Morrissey, M., Graham, T., and Garcia, S. 1995. Organoleptic qualities of farmed and wild salmon. *J. Aqu. Food Prod. Technol.* 4 (1):51-64.

Toyohara, H., and Shimizu, Y. 1988. Relation of the rigor mortis of fish body and the texture of the muscle. *Nippon Suisan Gakkaishi* 54 (10):1795-1798.

- Toyohara, H., Sakata, T., Yamashita, K., Kinoshita, M., and Shimizu, Y. 1990. Degradation of oval-filefish meat gel caused by myofibrillar proteinase(s). *J. Food Sci.* 55 (2):364-368.
- Trauberman, L. 1974. Gov't charts course to oceans of products. *Food Engineering* (June):60-61.
- Troutt, E. S., Hunt, M. C., Johnson, D. E., Claus, J. R., Kastner, C. L., and Kropf, D. H. 1992. Characteristics of low-fat ground beef containing texture-modifying ingredients. *J. Food Sci.* 57 (1):19-24.
- Verrez-Bagnis, V., Bouchet, B., and Gallant, D. J. 1993. Relationship between the starch granule structure and the textural properties of heat-induced surimi gels. *Food Structure* 12:309-320.
- Waters, M. E. 1983. Chemical composition and frozen storage stability of weakfish, *Cynoscion regalis*. *Marine Fisheries Review* 45 (7-8-9):27-33.
- Whitehead, P. 1995. Surimi. *Food Science & Technology Today* 9 (1):15-18.
- Wong, J., Lau, Y. C., and Yamamoto, M. 1978. Mechanical fish deboners: Influence of various sizes on bone content and texture of minced fish flesh. *J. Food Sci.* 43 (4):807-814.
- Wu, M. C., Hamann, D. D., and Lanier, T. C. 1985. Rheological and calorimetric investigation of starch-fish protein systems during thermal processing. *J. Texture Studies* 16:53-74.
- Xiong, Y. L. 1992. Thermally induced interactions and gelation of combined myofibrillar protein from white and red broiler muscles. *J. Food Sci.* 57 (3):581-585.
- Xiong, Y. L., and Blanchard, S. P. 1993. Functional properties of myofibrillar proteins from cold-shortened and thaw-rigor bovine muscles. *J. Food Sci.* 58 (4):720-723.
- Xiong, Y. L., Decker, E. A., Robe, G. H., and Moody, W. G. 1993. Gelation of crude myofibrillar protein isolated from beef heart under antioxidative conditions. *J. Food Sci.* 58 (6):1241-1244.
- Yamazawa, M. 1990. Effect of high temperature heating on physical properties of kamaboko-gel. *Nippon Suisan Gakkaishi* 56 (3):497-503.
- Yang, T. S., and Froning, G. W. 1992. Selected washing processes affect thermal gelation properties and microstructure of mechanically deboned chicken meat. *J. Food Sci.* 57 (2):325-329.

- Yoo, B., and Lee, C. M. 1994. Thermal gelation characteristics of composite surimi sol. *Lebensm.-Wiss. u. -Technol.* 27 (6):533-537.
- Yoon, K. S., and Lee, C. M. 1990. Effect of powdered cellulose on the texture and freeze-thaw stability of surimi-based shellfish analog products. *J. Food Sci.* 55 (1):87-91.
- Yoon, K. S., and Lee, C. M. 1990. Cryoprotectant effects in surimi and surimi/finch-based extruded products. *J. Food Sci.* 55 (5):1210-1216.
- Yoon, K. S., Lee, C. M., and Hufnagel, L. A. 1991. Effect of washing on the texture and microstructure of frozen fish mince. *J. Food Sci.* 56 (2):294-298.
- Yoshikawa, S., Asano, K., Ota, T., Sasaki, S., and Tominaga, K. 1994. Gelatinization of chum salmon surimi by fermentation with lactic acid. *J. Jap. Soc. Food Sci. Technol.* 41 (10):719-723.
- Zepeda, C. M. Z., Kastner, C. L., Kropf, D. H., Hunt, M. C., Kenney, P. B., Schwenke, J. R., and Schleusener, D. S. 1993. Utilization of surimi-like products from pork with sex-odor in restructured, precooked pork roast. *J. Food Sci.* 58 (1):53-58,83.
- Ziegler, G. R., Rizvi, S. S. H., and Acton, J. C. 1987. Relationship of water content to textural characteristics, water activity, and thermal conductivity of some commercial sausages. *J. Food Sci.* 52 (4):901-905,915.
- Zotos, A., Hole, M., and Smith, G. 1995. The effect of frozen storage of mackrele (*Scomber scombrus*) on its quality when hot-smoked. *J. Sci. Food Agric.* 67 (1):43-48.