
RF pistlar



Rannsóknastofnun
fiskiðnaðarins

**DAUÐASTIRÐNUN
Í FISKI**

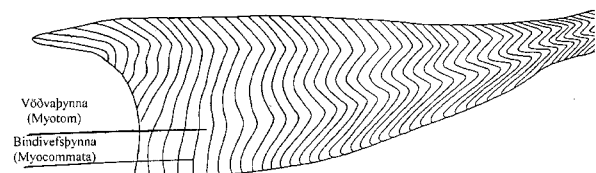
Jónas Bjarnason
og Sigurjón Arason

Hvað er dauðastirðnun (*rigor mortis*)?

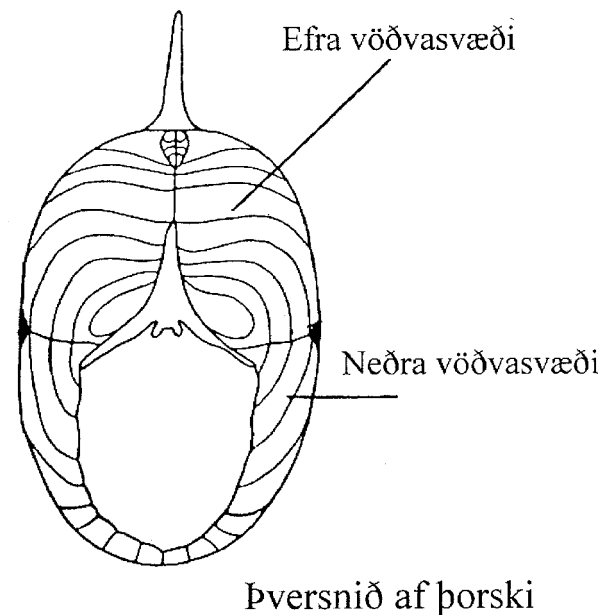
INNGANGUR

Flestir sem starfa við fiskveiðar og fiskiðnað vita að fiskur fer í gegnum dauðastirðnun skömmu eftir að hann hefur verið veiddur. Það sama á við um eldisfisk eftir slátrun.

Fljótlega eftir dauða læsast vöðvar, sem leiðir til þess að fiskur verður stífur. Þetta fyrirbrigði er nefnt dauðastirðnun (*rigor mortis*), en hún varir í nokkrar klukkustundir eða nokkra daga eftir aðstæðum. Smám saman slaknar aftur á vöðvum og fiskurinn verður mjúkur á ný. Munur er á milli fisktegunda hvað þetta varðar og einnig milli einstakra fiska sömu tegundar. Fiskur sem er saltaður fyrir dauðastirðnun verður stífur um sinn í vinnslu. Sama á við um fisk, sem er frystur fyrir dauðastirðnun, en hann getur orðið stífur eftir þjóingu úr frosti.



Mynd 1. Fiskflak sem sýnir vöðvalög og bindivefsflynnur.



Mynd 2. Þversnið af þorski sem sýnir vöðvalög og bindivefsflynnur.

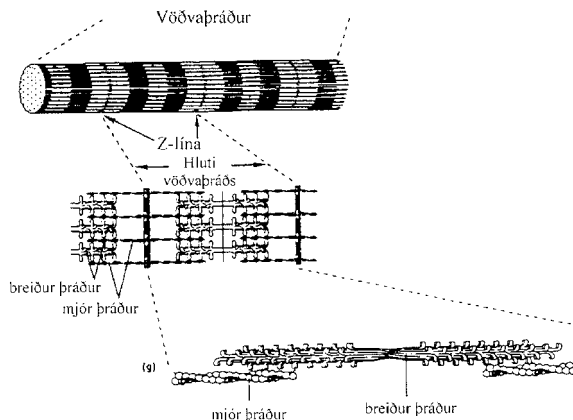
UPPBYGGING VÖÐVA

Fiskvöðvar eru í lögum (*myotoma*), eins og myndir 1 og 2 sýna. Löginn liggja bogin og fléttast saman á fremur flókinn hátt. Um er að ræða svokallaða þverrákötta vöðva, en þeir eru undir stjórn miðtaugakerfis.

Á milli vöðvalaga er þunn himna, sem er aðallega gerð úr bindivef (*myocommata, collagen*) en hún tengist beinagrind og einnig vöðvalögnum. Hvert vöðvalag er byggt upp af aragrúa af örfinum vöðvaþráðum sem ná alveg á milli himnanna. Utan um hvert búnt (*myofibril*) af vöðvaþráðum eru örfunnar himnur, sem ná á milli bindivefslaganna og tengjast þeim. Hinir örfínú vöðvaþræðir eru hluti af einni vöðvafrumu, sem getur verið um einn sm að lengd eða lengri í stórum þorskum. **Á mynd 3 er sýnt örlítið svæði í einum vöðvaþræði (einni frumu) og hvernig það er í grófum dráttum byggt upp.** Sýndar eru tvær svokallaðar Z-línur, en á milli þeirra er ein eining (*sarcomere*) í vöðvaþræðinum. Í vöðvaþræðinum eru enn finni undirþræðir (prótín), mjóir og breiðir. Þeir herpast saman og orsaka samdrátt í vöðvanum. Einnig má segja að þeir „skriði upp eftir hvorum öðrum“.

HVAÐ VELDUR DAUÐASTIRÐNUN?

Dauðastirðnun stafar af samdrætti í fiskvöðvum sem verða vegna efnahvarfa. Ennþá eru stundaðar rannsóknir á þeim flóknu breytingum sem verða í vöðvum eftir dauða fisks. En það er þekkt að næringarástand fisks, þreyta eða álag fyrir dauða, hitastig eftir dauða o.fl. hafa áhrif á hraða, styrkleika og endingartíma stirðnunar.



Mynd 3. Vöðvaþráður sem er hluti af einni frumu. Sýnd er uppbygging bóts á milli tveggja Z-lína.

Í stuttu máli má lýsa efnafraði efnabreytinganna með einföldu línuriti, sjá mynd 4 sem sýnir að lifandi þorskur hefur talsvert af svokallaðri vöðvasterkju (glúkógeni) í vöðvum sem hann notar til skjótra orkuþarfa (Fraser o.fl. 1967). Vöðvinn inniheldur breytilegt magn af sterkju. Aðrir orkugjafar eru glúkósi, ATP og kreatínfosfat svo þau helstu séu nefnd. ATP er orkuefni sem er myndað úr glúkósa og vöðvi nýtir það beint til sinna orkuþarfa; það er fljótfengnasta orkan.

Myndin sýnir einnig að samhliða minnkun á glúkógeni myndast mjólkursýra og sýrustig fiskvöðva (pH) lækkar vegna hennar.

Þegar fiskur deyr er orka í vöðvum hans. Við dauða tekur fyrir blóðstreymi og súrefni hættir að streyma út í vöðvana. Það leiðir til orkuminnkunar í vöðvum og fiskurinn stífnar þ.e. vöðvarnir dragast saman. **Fiskur sem er heill stífnar án þess að breyta um lögun. Flök eða fiskstykki dragast saman, þ.e. styttast ef þau eru laus frá beinagrind á þeim tíma sem dauðastirðnun hefst.** Dauðastirðnun helst svo lengi sem nægileg orka er í vöðvum, en síðan losnar um stirðnunina. Þegar dauðastirðnun lýkur hafa vöðvar tekið varanlegum breytingum.



Mynd 4 lýsir efnafraði vöðvastirðnunar.

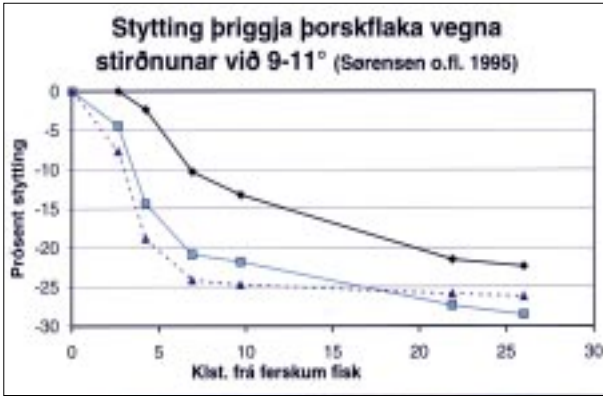
Mynd 5 sýnir breytingar á fiskvöðvum eftir dauðastirðnun. Fiskurinn á myndinni var flakaður öðru megin áður en dauðastirðnun hófst. Sjá má að lausa flakið hefur styst miðað við hinn helming fisksins, sem ekki var flakaður.

Mynd 6 sýnir þrjú mismunandi þorsflök styttast (Sørensen o.fl. 1995). Þar sést að þorsflök styttast í þessu tilviki um u.þ.b. 25–30% eftir geymslu við 9–11°.

Áhrif dauðastirðnunar á þorsk við 2°C í sólarhring, flak liggur laust ofan á.



Mynd 5. Áhrif dauðastirðnunar á þorsk.



Mynd 6 sýnir þrjú mismunandi þorsklök styttað.

Sá þorskur sem hér um ræðir hafði verið sveltur og síðan tekinn til slátrunar, án þess að hann spriklaði mikið og eyddi með því vöðvaorku. Þorsklök eru mismunandi af margvíslegum ástæðum. Togarafiskur sem er veiddur með botnvörpu, fer t.d. almennt fljótt í stírnun en hann hefur streist mikið við sund og sprikl. Einnig er mismunur eftir aldri fiska (stærð), almennu næringarástandi og um leið holdafarseiginleikum. Þorskur tekur breytingum eftir árstímum og vöðvar breytast einnig af þeim sökum. Öll þessi atriði hafa áhrif á stírnun en of langt mál er að rekja þau öll og þýðingu þeirra í smáatriðum.

YFIRLIT YFIR BREYTINGAR Á FISKVÖÐVA EFTIR DAUÐA

- Blóðrás hættir, súrefni eyðist, gengið er á forða allra orkuefna, vöðvar haldað slakir.
- Við orkuþurrð læsast vöðvar og dauðastírnun hefst.
- Loftfirrð öndunar myndar m.a. mjólkursýru úr orkuforða. Sýrustig (pH) lækkar úr 7–7.2 í 6–6,9 eftir ástandi vöðva.
- Fiskur sem hefur orðið fyrir miklu álagi fyrir dauða eða er átulitill fer snemma í dauðastírnun og losnar einnig fyrir úr stírnun. Hátt hitastig flýttir fyrir hvoru tveggja.
- Fiskur í stírnun er viðkvæmur fyrir hnjaski og hætta er á að vöðvar „rifni“.
- Litlir fiskar fara fyrir í dauðastírnun en stórir og losna einnig fyrir. Mismunur er einnig á milli tegunda og milli fiska sömu tegundar.
- Fiskur í miklu æti fer almennt seint í stírnun og losnar einnig seint. Sýrustig verður þá lágt að lokum og hætta er á losi í flökum, í fyrsta lagi vegna eiginleika vöðva svo og vegna öflugrar stírnunar. Árstíð ásamt æti hefur áhrif á stírnun fiska.

MAT Á VÖÐVASTIRÐUN

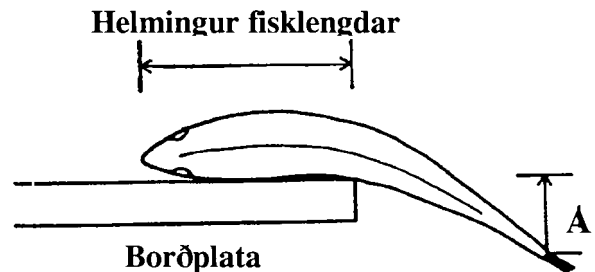
Áður hefur verið minnst á að dauðastírnun er mjög breytileg. Hún hefst eftir mislangan tíma og verður mismunandi öflug.

Áætla má stírnun á mjög einfaldan hátt með því að halda fast um haus fisks og fremri hluta og halda þeim hluta láréttum beint út frá sér. Mælt er hversu mikið aftari hluti fisksins bognar niður á við. Ef stírnunin er mikil bognar fiskurinn lítið en annars mikið. Þessi aðferð byggist á mælingu á svokölluðum R-stuðli eða „Rigor index“. Hann er reiknaður út á eftirfarandi máta:

$$R = 100 \frac{(A - A_0)}{A_0}$$
 (mæld beygja undir stírnun) / (mæld beygja fyrir stírnun) deilt með beygju fyrir stírnun.

R = 100 (A-A₀) / A₀ (Stírnunarstuðull).

Sjá mynd 7 (Bito o.fl. 1983). Myndin sýnir hvernig gildin **A** og **A₀** eru mæld.



Mynd 7 sýnir ákvörðun stírnunarstuðuls.

DAUÐASTIRÐUN Í MISMUN. TEGUNDUM FISKS

Dauðastírnun er mismunandi eftir tegundum fiska, sjá töflu 1. Skýringu á þessu er m.a. að finna í mismunandi vöðvauppbyggingu og öðrum eiginleikum fisktegunda. Þær hafa mishröð efnaskipti og blóðstreymi, stærð þeirra er breytileg, byggingarlag er mismunandi og fleira kemur til.

Upphaf og endalok stírnunar (klst.) í nokkrum fisktegundum við breytilegar aðstæður (Huss 1983 og Stroud 1969), (viðmiðun).

Tafla 1 Fisktegundir og aðstæður	Geymsluhiti (°C)	Upphaf stírnunar (klst.)	Endalok stírnunar (klst.)
	0	2–8	20–65
Þorskur (botnvarpa)	10–12	1	20–30
	30	0,5	1–2
Þorskur (úthvöldur)	0	14–15	75–96
Karfi (botnvarpa)	0	22	120
Lýsa (botnvarpa)	0	1	20
Skarkoli (botnvarpa)	0	7–11	55
Ufsi (botnvarpa)	0	18	110
Ýsa (botnvarpa)	0	2–4	37

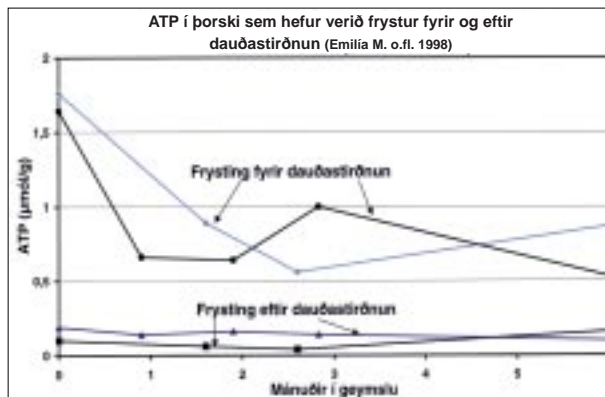
ÁHRIF DAUÐASTIRÐNUNAR Á NÝTINGU OG GÆÐI Í FISKVINNSLU

Við vinnslu á mjög ferskum fiski hefur dauðastirðnun áhrif á nýtingu og gæði. Hér á eftir verður gerð grein fyrir hvaða áhrif dauðastirðnun hefur á nýtingu og gæði í frystingu og sóltun.

Frysting með tilliti til dauðastirðnunar

Frysting á fiski hefur áhrif á frumuveggi, sem eru utan um einstaka vöðvaörþræði (*myofilaments*), en hver þessi áhrif eru fer eftir því hvernig frysting fer fram og í hvaða ástandi fiskur er fyrir frystingu. Í frystu ástandi fer fiskur almennt hægt í gegnum dauðastirðnun. Hraðinn fer þó eftir hitastigi í frostgeymslu og enn fremur ástandi fisks. Dauðastirðnun í frosti getur þannig bæði tekið skamman eða langan tíma (frá einum upp í marga mánuði).

Ef fiskur er kominn nálægt stirðnun við frystingu og er síðan þíddur fljótlega eftir það í volgu vatni eða lofti, getur hann dregist öflugt saman og misst vökva á kostnað nýtingar og bragðgæða. Sprungur geta myndast í fisknum og hann orðið seigur. Skýring er sú að styrkur kalsíums inni í vöðvafrumum vex við frystingu vegna þess hversu lekar þær verða. Kalsíum flyst frá svæði milli frumna inn í frumur þar sem styrkur þess er lægri. Það hvatar niðurbrot á ATP (ásamt öðrum orku-efnum) og eykur þar með vöðvasamdrátt. Af þessum sökum er ráðlegt að frysta fisk hratt (þá verða minnstar skemmdir á frumuveggjum) og geyma hann við lágt hitastig (-24° eða neðar). Hins vegar þegar kemur að þíðingu er best að hún verði hæg, þ.e. að þíðing fari fram við fremur lágt hitastig til að hindra harkalegan samdrátt.

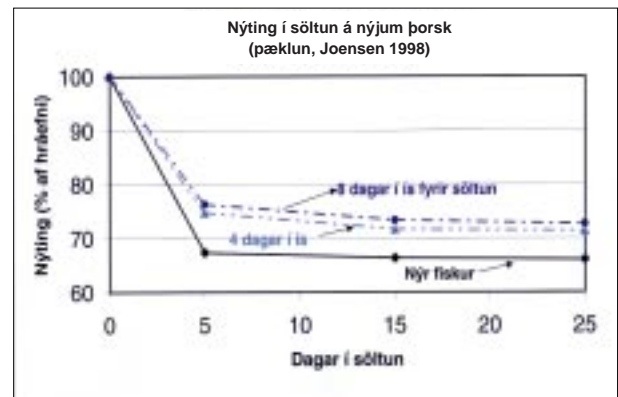


Mynd 8 sýnir breytingar á ATP í þorski sem hefur verið frystur fyrir og eftir dauðastirðnun.

Áður fyrr komu upp vandamál í erlendum frystitögurum sem voru á veiðum í Norður-Atlantshafi á vissum árstímum. Fiskurinn var frystur heill en þegar hann var tekinn úr frostgeymslum og þíddur mynduðust oft miklar sprungur í honum. **Breskar tilraunir með þorsk og ýsu gáfu til kynna að best væri að frysta fisk sem ferskastan með tilliti til sprungna eftir þíðingu (Love og fl., 1969).**

Mynd 8 sýnir dæmi um að geymsla í frosti í allt að 10 mánuði við -25° hefur að miklu leyti gengið á ATP forða þorsks (flök, „bláferskur“ fiskur frá Vestfjörðum í desember, Emilia Martinsdóttir o.fl., 1998). Mælingar á öðrum gæðaatríðum eftir þíðingu og geymslu í kæli, eins og örverufjölda og innihaldi niðurbrotsefna, bentu til þess að best væri að frysta fisk sem ferskastan. Af ofangreindri mynd má ætla að líkur á skörpum vöðvasamdrætti í umræddum fiski eftir frostgeymslu í tvo mánuði og þíðingu séu litlar. Fiskur sem hefur gengið í gegnum um dauðastirðnun fyrir frystingu hefur væntanlega orðið fyrir vöðvasamdrætti og um leið einhverri grisjun vöðva fyrir frystingu.

Fiskur sem er frystur um borð í skipum er almennt mjög ferskur þegar hann er frystur. Hann er því eftirsóttur af neytendum sem kaupa frystan fisk, en ekki er sama hvernig frostgeymslur eru. Ennfremur skiptir máli hvernig ástand er í frystiborðum verslana. Hann getur orðið seigur og bragðvondur ef hitastig þar er ekki nægilega lágt eða sveiflast of mikið. Einnig ef hann er geymdur of lengi í opnum frystiborðum. Það sem sagt hefur verið hér að framan eru almennar ráðleggingar, en aðstæður og eiginleikar fisks geta verið mjög breytilegar eins og áður hefur verið getið. Ennfremur vantar þekkingu á ýmsum atriðum varðandi stirðnun fisks í frosnu ástandi.



Mynd 9 sýnir verkunarnýtingu á saltfisk sem hefur verið saltaður ferskur fyrir dauðastirðnun og eftir.

Söltun með tilliti til stirðunar

Tilraunir hafa sýnt að pækilsöltun* þorsks og pæklun* gefa fremur lélega nýtingu ef saltað er fyrir dauðastirðnun. Nýtingin er að sjálfsögðu mismunandi með hliðsjón af áhrifaþáttum sem fram hafa komið áður, svo og hvaða söltunaraðferð er notuð.

Mynd 9 sýnir dæmi um verkunarnýtingu, nýtingu í söltun eingöngu (ekki heildarnýtingu), á þorski í pæklun* með fullsterkum pækli (25–26% salt) (Joensen, 1998). Þar má sjá að fiskur, sem er saltaður fyrir dauðastirðnun og verkaður í 25 daga í saltpækli, gefur mun minni verkunarnýtingu (66%) heldur en fiskur, sem er saltaður eftir dauðastirðnun á sama hátt (verkunarnýting 72.6%). Munurinn er um 10% í nýtingu. Nýtingarjafnvægi virðist nást fyrr þegar um er að ræða verkun á fiski fyrir dauðastirðnun.

Þegar ferskur fiskur fer í gegnum dauðastirðnun í saltpækli, virðist meira vatn og leysanleg prótínefni kreistast úr fiskinum en gerist og gengur í fiski sem er búinn að fara gegnum dauðastirðnun fyrir söltun. Í þeim fiski verður minni útskolun efna við söltun. Þess vegna verður að gæta þess að salta ekki fisk fyrir eða í stirðunarástandi ef söltunaraðferðin miðast við að ná sem mestri nýtingu.

Tilraunir á Íslandi 1992 með söltun (pækilsöltun*) í kerjum um borð í skipi sýndu svipaða niðurstöðu (Gunnar Bragi Guðmundsson og Sigurjón Arason, 1992). Niðurstöður gáfu um 70% verkunarnýtingu en mælingar á sambærilegri verkun í landi þar sem um var að ræða fisk sem var kominn úr dauðastirðnun gátu gefið allt að 10% hærra verkunarnýtingu. Þessar niðurstöður benda til hins sama og að ofan (Joensen, 1998), að söltun fyrir stirðnun gefi mun minni verkunarnýtingu hvort sem um pæklun eða pækilsöltun er að ræða ef aðstæður aðrar eru sambærilegar.

Gæði fisks sem hefur verið saltaður fyrir dauðastirðnun geta þó verið mikil, en hafa skal í huga að nýtingin er lakari. Saltfiskur sem er verkaður um borð í skipum hefur komið vel út úr gæðamati. Áður fyrr var svokallaður togarasaltfiskur þekkt gæðavara, en hann var stæðusaltaður* í stíum um borð í skipum. Sá fiskur var oft saltaður fyrir dauðastirðnun.

Sérstakar heimildir:

- Bito, M., Yamada, K., Mikumo, Y. & Amano, K. (1983): Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 109, p. 89–96.
- Emilía Martinsdóttir, Hannes Magnússon og Kári P. Ólafsson. (1998): Rf-skýrsla no. 16.
- Fraser, D.I., Dingle, J.R., Hines, J.A., Nowlan, S.A. & Dyer, W.J. (1967): J.Fish. Res.Bd Canada, 24(8), p 1837–1841.
- Gunnar Bragi Guðmundsson og Sigurjón Arason. (1992): Saltfisknýting á sjó. Rf-skýrsla, október.
- Joensen, Sjurður. (1998): “Superfersk fisk”, 2.–3. februar Grand Hotel Reykjavík.
- Love, R.M. Lavéty and Steel, P.J. (1969): The connective tissues of fish. II. Gaping in commercial species of frozen fish in relation to rigor mortis. J.Food Technol. 4, p. 39–44.
- Sørensen, N.K., Arason, S.A. & Nielsen, J. (1995): Rigor i fisk 1992–1994. Tema Nord :1995:512, Nordisk Ministerråd.

* **Pæklun** byggist á því að sterkum saltpækli er hellt á fisk í fláti eða fiskur settur í pækil.

Pækilsöltun er gerð á þann hátt að fiskur er saltaður í lokuðu fláti og hann liggur síðan í eigin pækli.

Stæðusöltun er söltun á gólfi eða í stíu og saltpækill rennur frá.

Ritstjóri: Jónas Bjarnason
Heimilisfang: Skúlagata 4, Pósthólf 1405
121 Reykjavík
Sími: 562-0240, **Fax:** 562-0740
Netfang: info@rfisk.is
Veffang: www.rfisk.is
Prentvinnsla: Prenthönnun ehf.