

HLUTI 1: MAT Á HENTU FISKMETI SEM VIRÐISAUKANDI AFURÐ

Prof. Dr. Ozgur ALTAN*
Assoc. Prof. Dr. Ilker AYDIN**

EGE University Faculty of Fisheries
*Department of Aquaculture
**Department of Fishing Technology
Bornova-Izmir, TURKIYE

Yfirlit

1. Skýring á skilmálum hents fiskmetis og fiskimjöls	
1.1. Hent fiskmeti	
1.2. Fiskimjöl	
1.2.1. Framleiðsluþrep fiskimjöls	
1.2.2. Samsetning vöru	
2. Notkun hents fiskmetis í hráfæðisinnihaldi	
2.1. Alheimssýn á gæludýrafóðuriðnaðinn	
2.2. Fjölbreytni tegunda gæludýrafóðurs	
2.2.1. Þurrmat og blautmat	
2.2.2. Hráfæða – Líffræðilega samþykkt hráfæða (BARF)	

Samantekt

Mikilvægt áhyggjuefni fyrir fiskveiðistjórnun er að lækka meðafla og brottkast. Á heimsvísu eru efnahagsleg tjón sem og vistfræðileg áhrif á líffræðilegan fjölbreytileika gríðarlega hörmulegt mál. Fiskiverkfræðingar hafa framkvæmt fjölmargar rannsóknir til að draga úr þessum áhrifum, einkum varðandi valhæfni veiðarfæra. Fullyrða má að þrátt fyrir jákvæðar niðurstöður margra þessara rannsókna sé hagnýtur árangur sjómanna takmarkaður af viðskiptalegum forsendum. Vegna fjöltegundaeðlis botnvörpuveiða veiðast yfir 40 mismunandi tegundir fiska í hverri aðgerð, sérstaklega í Miðjarðarhafinu. Þar á meðal er umtalsverður hluti heildaraflans af tegundum sem hent er af ýmsum öðrum ástæðum en þeim sem eru metnar í atvinnuskyni. Þrjátíu og fimm prósent af uppskeru heimsins koma frá fiskveiðum og stór hluti þess fer til spillis eða tapast. Í ljósi þessa er nú nauðsynlegt að þróa stefnumótandi aðgerðir sökum fjölgun jarðarbúa og þverrandi matvælaauðlinda. Í MARIPET verkefninu er ætlað að stöðva brottkast og koma í staðinn á löndun á áður hentu fiskmeti til notkunar í gerð gæludýrafóðurs.

1 Skýring á skilmálum hents fiskmetis og fiskimjöls

1.1 Hent fiskmeti

Orðið "hent" vísar sérstaklega til þess að skila veiddum dýrategundum aftur í hafið í stað þess að landa þeim. Fjárhagsleg sjálfbærni fiskveiða sem og sjálfbær nýting lífrænna auðlinda hafsins og vistkerfa hafsins verða öll fyrir slæmum áhrifum af brottkasti, sem er umtalsverð sóun á auðlindum. Áætlað er að 7 til 10 milljónum tonna af veiðum í atvinnuskyni sé hent árlega um allan heim. Sjómenn stunda brottkast af ýmsum ástæðum og er magnið mismunandi eftir svæðum, tegundum og veiði. Þessari óhagkvæmu framkvæmd er ætlað að hætta með sameiginlegri sjávarútvegsstefnu ESB. Frá því að hún var tekin upp árið 2015 hefur löndunarskylda verið í fullu gildi frá og með janúar 2019. Þó ekki sé hægt að nota beint til manneldis alla þá veiði sem landa þarf samkvæmt settum viðmiðunum er hægt að gera þær aðgengilegar sem hráefni í framleiðslu á fiskimjöli og gæludýrafóðri sem virðisaukandi vöru. Markmiðið er að útrýma brottkasti með því að hvetja sjómenn til sértækari veiðiaðferða og forðast óæskilegan afla [1]. Þó að þeir stofnar sem þarf að landa samkvæmt settum stöðlum henti ekki beint til manneldis er hægt að nýta þá sem hráefni til að framleiða hágæða fiskimjöl og gæludýrafóður. Farið er yfir ferlið við að breyta fiskafgangi í fiskimjöl og hugsanleg notkun þess sem hráefni í gæludýrafóðurgeiranum í þessum hluta.

1.2 Fiskimjöl

Fiskimjöl er prótínkennt hveitiefni. Það er framleitt með því að elda, pressa og þurrka, fylgt eftir með því að mala fisk í heilu lagi eða óæskilega afskorna fiskbita til að fá fiskduft. Fiskimjöl er búið til úr litlum uppsjávarfiski eins og meinhaddi, síld, ansjósu og sardínum. Smáfiskurinn er malaður og olía og vatn þrýst út. Þurrefni sem eftir verður er bakað og mulið í mjöl. Vatn er aðskilið frá vökvanum sem eftir er til að gera lýsi sem aukaafurð fiskmjölsframleiðslu [2]

Fiskimjöl er aðal prótínjafinn í fiskafóðri og samhliða því er það takmarkandi þáttur í fiskeldisiðnaðinum og er venjulega notað sem fóðurbætiefni fyrir búfé. Fyrir ránfiskategundir, þar sem hrápróteinmagn þess er á bilinu 65-72%, hefur fiskafóður verið að mestu háð fiskimjöli sem aðalpróteingjafa af ýmsum ástæðum; það inniheldur mikið magn nauðsynlegra amínósýra, hefur hátt prótíninnihald, betri meltanleiki næringarefna og skortur á næringareyðandi þáttum (ANF) [3]. Aukin notkun fiksímjöls sem aðal próteingjafa í fiskeldi er nú farið að ógna fóðurframleiðendum að treysta á það við sína framleiðslu. Þá taka fiskeldisbændur að leita að öðru fóðri sem getur komið í stað fiskimjöls án

skaðlegra áhrifa á vöxt eldisfiska [4]. Á meðan stendur til boða fiskimjöl úr áður hentu fiskmeti til boða, er ódýrara en fiskimjöl, talið hentugt til eldis og framboð í slíku magni að það gæti komið í stað fiskimjöls í fiskeldi í atvinnuskyni [5].

Fiskimjöl er einnig unnið úr meðafla og vinnsluúrgangi frá veiðum til manneldis. Matvæla- og landbúnaðarstofnun Sameinuðu þjóðanna (FAO) áætla að um 17,7 milljónir tonna af heimsafla hafi verið til fiskmjölsframleiðslu [6]. Þessi hluti er kallaður skerðingarveiðar (e. Reduction fishery). Samkvæmt Samtökum Sjávarafurða (e. The Marine Ingredients Organization) (IFFO) er iðulega ávöxtun af fiskimjöli úr lifandi fiski 22,5% og 4,8%, í sömu röð. Skerðingarveiðarnar sem voru um 17,7 milljónir tonna árið 2018 skiluðu áætlað 3,98 milljónum tonna af fiskimjöli. Um 5,2 milljónir tonna af fiskimjöli voru framleidd árið 2018 [7]. Þetta bendir til þess að um 1,22 milljónir tonna af fiskimjöli hafi verið unnin úr meðafla, fiskafskurði og öðrum vinnsluúrgangi.

Um 97% af fiskmjölsframleiðslu heimsins er notað í dýrafóður, þar af er fiskafóður stærst (69%), þar á eftir svínafóður (23%) og alifuglafóður (5%). Meira en helmingur þess fiskmjöls sem notað er í fiskeldi fer í laxfiska- og krabbadýrafóður [6].

Erfitt er að meta magn villts fisks í hverju tonni af fóðri vegna þess að mörg fóður innihalda hvorki fiskimjöl né lýsi, sumt er eingöngu með fiskimjöl, annað er eingöngu með lýsi og annað hefur hvort tveggja. Oftast eru fóðurframleiðendur ekki tilbúnir til að gefa upp hlutfall eða uppruna fiskmjöls og lýsis sem notað er í afurðir þeirra. Upprunans er þörf vegna þess að lýsi og fiskimjöl úr fiskvinnsluúrgangi er af flestum höfundum ekki sagður stuðla að villtum fiski. Hlutfall fiskmjöls og lýsis úr fiskvinnsluúrgangi má draga frá inntökuhlutföllum. Fiskimjöl og lýsi eru aukaafurðir úr villtum fiski og hlutfall fiskmjöls og lýsis í samsetningu ræður því hvort allt lýsi geti talist tengt fiskimjölinu. Ef hlutfallið er jafnt eða yfir 4,69 (hlutfall fiskmjöls og lýsisuppskeru úr villtum fiski) má líta á allt lýsi sem aukaafurð þess fiskmjöls sem er í fóðrinu.

1.2.1 Framleiðsluprep fiskimjöls

Veiði: Meirihluti þess fóðurfisks sem veiddur er til fiskmjölsframleiðslu er lítill, feitur, ört vaxandi fiskur með litla eftirspurn til manneldis. Veiðinet með möskvastærðum sem stjórnvöld hafa tiltekið eru notuð til að veiða hann. Eftirlit stjórnvalda mun ákvarða tíma og stað veiða til að tryggja að kvóti standist. Staðsetningartæki er í mörgum skipum sem gerir gervihnattaeftirlit mögulegt. Þetta hjálpar stjórnvöldum að fylgjast með því hvort veiðar séu stundaðar innan tiltekinna svæða og tíma. Skip eru líka oft skoðuð við löndun. Þá er haft eftirlit með tegund, stærð, staðsetningu og tímasetningu fisksins sem veiddur var. Til að halda fisknum ferskum og köldum og koma í veg fyrir skemmdir er kældur sjór venjulega notaður.

Vinnsla: Þegar fiskurinn kemur úr verksmiðjunni er hann vigtaður og tekin sýni. Flestir IFFO meðlimir taka sýni á þessum tímapunkti til að athuga ferskleika fisksins sem er metinn með TVN; Heimilt er að greiða sjómönnum miðað við þyngd aflans og TVN (ferskleika) til að hvetja til löndunar hágæða hráefnis. Fiskur er fyrst venjulega soðinn til að storkna prótein og leyfa smá olíu að losna við hitastig á bilinu 85°C til 90°C. Auk þess drepast örverur með þessu ferli (sjá skýringarmynd). Hreinsuð færribönd, lestir og geymslugryfjur, stuttur geymslutími og lækkaður hiti lágmarkar örverur og skemmdir sem þær geta valdið. Lægra hitastig dregur einnig úr fiskensímvirtkni (sjálfrof), og öðrum týpum af skemmdum. Eldaður fiskur fer síðan í skrufupressu þar sem vökvi er pressaður úr og fast efni (pressukaka) fer í þurrkara. Vökvanum er helld milli tanka til að aðskilja frekari fastefni. Það er síðan skilið í skilvindu til að aðskilja frá olíu og vatnsfasa (stickwater). Vatnsfasinn fer í gegnum uppgufunartæki til að minnka rúmmál þess (þykkni). Þessum óblandaða vökva (kallað vatnsfasi (e. stickwater) vegna þess að það hefur tilhneigingu til að vera seigfljótt og klístrað) er skilað aftur í pressukökuna sem fer inn í þurrkarann. Dæmigerður þurrkari inniheldur spólur þar sem ofhitaðri gufu er beint í gegn. Þessar spólur hækka hitastigið í 90°C (stýrt af flæðihraða o.s.frv.) til að þurrka hráefnið niður í um 10% raka eftir kælingu. Lághitapurrkarar eins og óbeint heitt loft eða lofttæmiþurrkarar starfa við lægra hitastig. Lýsi er hægt að áframvinna/hreinsa til að fjarlægja óhreinindi í föstu formi; Hægt er að nota sérstakar síur þar sem við á til að fjarlægja sum fituleysanleg óhreinindi. Vandaðari hreinsun er notuð til að framleiða tæran lyktarlausan vökva til lyfja-/næringarnota t.d. hylki.

Meðhöndlun: Fiskimjöl inniheldur engin kolvetni. Við 90% þurrefnisinnihald styður það ekki við örveruvöxt. En það getur tekið upp örverur úr utanaðkomandi efni. Hreinlæti í öllu ferlinu er afar mikilvægt. Þessu er stjórnað með kerfum sem lýst er hér að neðan. Við meðhöndlun fiskimjöls er hreinlæti í fyrirrúmi til að tryggja ekki víxlmengun. Fiskimjöl má geyma í 25 kg pokum, eins tonna lausapoka eða í lausu í vöruhúsum meðan beðið er flutnings. Fiskimjölsverksmiðjur mega bara meðhöndla fisk - þær geta ekki meðhöndlað efni frá öðrum dýrum. Mjög strangt eftirlit er nú til staðar í mörgum löndum, þar á meðal Evrópusambandinu og Japan, til að fylgjast með fiskimjöli til að tryggja að það sé laust við landdýraefni, eins og eftirlit með öðru hráefni. Flestar fiskimjölsverksmiðjurnar eru með áhættugreiningu á helstu stjórnpunktum (e. Hazard Analysis Critical Control Points) (HACCP) kerfi til að tryggja bæði örugga framleiðslu og gæði afurðar. Um er að ræða utanaðkomandi eftirlitsmenn sem tryggja að mikilvægir eftirlitsstaðir séu rétt auðkenndir og vandlega sé fylgst með og skráð t.d. hitastig vöru, raka, örverufjölda

o.s.frv. Öll frávik utan þolmarka eru rannsökuð og leyst fljótt með greinargóðri skjölun til síðari viðmiðunar.

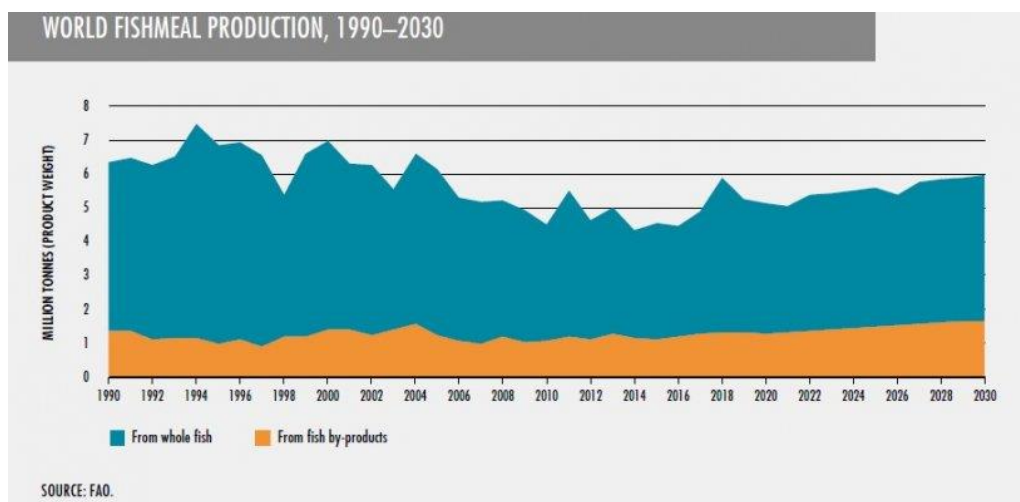
Framleiðendur fyrir markaði innan Evrópusambandsins eru hvattir til að taka upp gæðatryggingarkerfið International Feed Standard Alliance (IFSA). Um er að ræða gæðatryggingu frá hráefni í gegnum verksmiðju, geymslu og flutning til endanotanda. Það felur í sér hollensku GMP+ og UK Femas kerfin og er gert ráð fyrir að það verði aðal gæðatryggingarkerfið fyrir hráefni í Evrópu og víðar.

1.2.2 Samsetning vöru

Þar sem fiskimjöl er framleitt úr fiski aðskildum frá vatni og olíu endurspeglar samsetning þess samsetningu hráefnis fisksins. Fiskmjölsframleiðendur skuldbinda sig til að sinna þessari framleiðslu með lágmarksbreytingum á næringargildi. Hráefnið er meðhöndlað hratt og aðallega kælt til að koma í veg fyrir skemmdir.

Hefðbundið fiskimjöl: þar er átt við “sanngjörn meðalgæði” (e. “fair average quality”) (FAQ) þar sem þurrkunarfasinn er beint heitt loft, slíkt fiskimjöl er tilvalið fyrir alifugla, jórturdýr og alætuþiska. Fyrir ránþiska, krabbadýr og smásvín hentar sértækari vara betur. Þó að vinnslan kosti meira vegna þess að þörf er á enn ferskara hráefni og sérþurrkun, þá hefur verið sýnt fram á að slíkt er hagkvæmara fyrir þessar viðkvæmari tegundir.

Figure 1. Global Projection of Fish Meal Production until 2030 [6]



Hefðbundið fiskimjöl inniheldur venjulega 64% til 67% hráprótín með allt að 12% fitu. Sérörur hafa tilhneigingu til að hafa meira prótein - 68% til 72%. Þær hafa einnig lægra amíninnihald sem endurspeglar ferskara hráefni t.d. hámark 1000 ppm histamín. Fyrir staðlaðar/FAQ vörur er almennt ekki þörf á amínmörkum og því er það venjulega ekki tilgreint.

Fyrir sérstakar fiskimjölsafurðir er vinnsla fremur mild. Sérstakir þurrkarar eru nauðsynlegir, venjulega óbeint heitt loft eða lofttæmi. Sérstök vara með lághitaþurrkun er nefnd lághita (LT) eða Ofur Prím mjöl (e. Super Prime meal). Ef sérþurrkararnir eru ekki fáanlegir er hægt að framleiða sérstaka vöru sem er aðeins minna meltanleg - tveimur eða þremur einingum minna eins og ákvarðað er í fiski. Til mats á mildri þurrkunargetu getur athugun á leysni pepsíns verið til leiðsagnar. Fyrir sérstakar vörur ætti hún að vera yfir 92%. Meltanleiki ákvarðaður í markdýrinu er áreiðanlegri greiningaraðferð, en hún er kostnaðarsöm. Þetta ætti að vera 89% eða hærra fyrir LT/super prime vörur. Fyrir hefðbundið mjöl mun leysni pepsíns yfirleitt vera yfir 85%.

2 Notkun hents fisks í hráfæðisinnihaldi

Vannýtt fiskmeti er hægt að nýta sem hráefni í hráfóður, sem er notað til að búa til hráfóður sem stundum er nefnt „heilsa úr sjónum“ og gildi þess í næringu húskatta og hunda er að verða almennari viðurkennd. Við skulum fyrst ræða stöðu matvælaíðnaðarins, sem útvegar gæludýrafóður um allan heim, áður en við ræðum nýtingu vannýtts fiskmetis í gerð hráfóðurs.

2.1 Alheimssýn á gæludýrafóðuriðnaðinn

Með tilkomu COVID-19 heimsfaraldursins árið 2020, með tilkomu aukningar á heimastarfsstöðvum og lokun fólks á heimilum þeirra, hefur veruleg aukning gæludýrahalds sést um allan heim. Á undanförunum árum hefur verið ályktað að í það minnsta eitt gæludýr sé haldið á 88 milljón heimila í heiminum, 25% þeirra eru kettir og 25% hundar. Magn matvæla sem framleitt er til fóðrunar þessara dýra er orðið 8,5 milljónir tonna á ári, sem er talið vera 102,6 milljarðar dollara í peningaverðmæti. Í útreikningunum kom fram að greinin stækkaði um 2,6% á ári [8].

2.2. Fjölbreytni tegunda gæludýrafóðurs

2.2.1. Þurrmatgur og blautmatgur

Gagnlegt væri að skoða matvælaíðnaðinn undir þremur meginliðum. Fyrstur þeirra er þurrfæðisgeirinn. Þökk sé þróunartækni fyrir blandaða fóðurframleiðslu í dag, eru matvælin sem framleidd eru með aðferðinni sem kallast útpressun (e. extrusion) undir ákveðnu hitastigi og þrýstingi geymd í viðkomandi þakkingastærð og boðin til sölu. Þegar litið er til framleiðslustiga, hráefnisframboðs, mölunar til að koma hráefninu í sömu stærð, blöndun sem tryggir einsleita hráefnisdreifingu, íblöndun vítamín- og steinefnaforblandna sem styðja við að uppfylla næringarþörf dýrsins, vinnsla þar sem vatnsgufu og olíu er bætt við, eldað í fódurmótunarbúnaði sem kallast þrýstivél (e. extruder). Ferlið samanstendur af þrepum sem gerir kleift að hafa fódrið við stofuhita og að lokum þakkað í þakkingar sem fara svo til neytenda. Grunnframleiðsluþrepin eru sýnd á mynd 2.

Mynd 2. Framleiðsluskref þurrfóðurs



Heimild: <https://www.feedpelletplants.com/pet-food-processing-technology.html>

Svo má nefna niðursuðuvörur, sem einnig má skilgreina sem blautfóður. Í þessari vörutegund má nefna að dýrafóður sem hefur verið unnið með hitameðferð og hefur verið varið með ýmsum matvælaefnum. Blautfæða er framleidd í allt öðru ferli en þurrfóður. Yfirleitt er aukaafurðum úr kjöti, grænmeti, korni, steinefnum og fitu blandað saman við vatn og hlaupefni og síðan malað í mauk. Síðan er það eldað að hluta í gufugöngum til að storkna og afurðirnar skornar í teninga með hnífum. Þannig lítur varan út eins og alvöru kjötstykki og er fyllt með sósu eða hlaupi og sett í dós eða ílát, síðan er ílátinu lokað og varan soðin í hraðsuðukatli í um tvær klukkustundir til að tryggja gerilsneyðingu. Vegna þessara vinnsluáðstæðna er mjög erfitt að framleiða fullkomlega næringarfræðilegt blautfóður og þarf venjulega að bæta við viðbót í daglegu fæði.

2.2.2 Hráfæði – Líffræðilega viðurkennt hráfæði (BARF)

Kettir og hundar lifa náttúrulega á hráfæði. Mörg aukefni sem finnast ekki í náttúrulegu mataræði þessara skepna og stuðningsþættir eins og matvælavinnslutækni eru notuð í innihaldi þurra og blautra matvæla, en framleiðslutækni þeirra er tilgreind í ofangreindum köflum. Hins vegar má ekki nota hitameðhöndlun, mataríblöndun eða meltingarfæðubótarefni í hráfæðisframleiðslu og er tekið fram að fóðrun með þessum hætti hafi jákvæð áhrif á heilsu dýra og líftíma. Dýraafurðir eins og kúakjöt og -fita, kúalifur, kúabarki, kálfamilta, kjúklingakjöt, tífingur, ansjósu, kúajúgur og egg eru innifalin í hráfæðinu sem framleitt er með kælikeðju og HACCP meginreglum í samræmi við næringarkröfur katta og hunda. Í boði eru grænmetis- og ávaxtavörur eins og ólífuoía, hrísgrjón, eplaedik, rófur, spergilkál, gulrætur, kúrbít, grasker, græn epli og spínat og náttúrulegar vörur eins og kanill, túrmerik og kúmen. Í ferlum eins og blöndun og pökkun þessara vara er ekki leyfilegt að trufla kælikeðjuna og kælikeðjan er nauðsynleg til að vörunar komist til neytenda, neytendur ættu að geyma þessar vörur í djúpfrysti við -18° C.

Skipulagsmunur á þurrfóðri og hráfóðri er sýndur í töflu 1. Mikilvægasti munurinn á fóðrun með hráfóðri og fóðrun með þurrfóðri og blautfóðri er sem hér segir;

- Heilsa dýra er háværkuð þegar gæludýraeigendur skipta yfir í hráfóður;
- Kvillar sem tengjast innri sjúkdómum, sérstaklega líffærabilun, er að mestu útrýmt;
- Meðallífslíkur dýra hækka.

Miðað við þennan mun mætti halda að sérhver gæludýraeigandi mundi kjósa hráfóður. Þrátt fyrir þessa jákvæðu þætti er þó rétt að nefna erfiðleikana í framleiðslu og neyslu hráfæðis.

Framboð á hráefni: Notað er hráefni úr fleygum fiski og landdýrauppruna (nautalifur, kúajúgur, milta og sumar innmatur) sem notað er í hráfæði. Ekki er víst að hægt sé að útvega þessar vörur alla daga ársins og í sama magni.

Flutningur á hráefni: Vörunar sem taldar eru upp eru vörur sem geta hæglega orðið fyrir hraðri örveru- og bakteríurýrnun. Kælikeðjan verður að haldast algjörlega í flutningi.

Geymsla á hráefni: Kælt loft umhverfi við +4°C, 0°C, -18°C og -40°C þarf þar til hráefnið er notað í framleiðslu;

Afhending vörunnar til neytenda - gæludýraeiganda: Það verður að flytja vöruna með kælikeðju í síðasta lagi innan 24 klukkustunda, þar sem hitastig er upphaflega við -40°C.

Geymsluskilyrði gæludýraeiganda: Frystiskápur til geymslu við -18°C, ísskápur fyrir 0°C eða +4°C.

Afpíðing og notkun hráfæðis: Það ætti að taka vöruna úr -18°C og afpíða við +4°C á 36 klst. Þegar búið er að afpíða er ekki hægt að frysta vöruna aftur. Daglegt notkunarhlutfall er 2-3% af meðallífþyngd dýrsins.

Tafla 1. Grundvallarlíkindi og munur á hráfóðri og þurrfóðri

Viðmið	Hrámeti	Þurrmeti
Framleiðslutækni	Hráefni, mölun og blöndun	Útpressun
Næringarefnatap vegna hitameðferðar í framleiðslu	-	+
Korninnihald	-	+
Aðgengi að orku, próteinum og fitu	Hámarks	Meðal
Meltanleiki fóðurs	Hámarks	Meðal
Aukning í vöðvamassa	Hátt	Lágt
Tilvist aukefna í innihaldinu	-	+
Heilsa innri líffæra	Hátt	Lágt
Dagleg saurlosun	1	2 - 4
Möguleiki á að lenda í ofnæmisvandamálum	-	+
Mjólkur- og próteinmagn ræktunarstofnana	Hátt	Meðal
Prótín innihald (%)	35 - 45	25 - 28

Magn omega 3 og 6	Hátt	Lágt
Hárlos og lykt	Mjög lágt	Hátt
Geymsluskilyrði	Djúpfrystir - Kæliskápur	Kalt, þurr og rakalaust umhverfi

1.3

Heimildir

1. European Commission, https://oceans-and-fisheries.ec.europa.eu/fisheries/rules/discarding-fisheries_en).
2. Saleh, N.E., Wassef, E.A., Abdel-Mohsen, H.H. 2022. Sustainable Fish and Seafood Production and Processing. Academic Press, pp: 259-291. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824296-4.00002-5>.
3. Masagounder, K., Ramos, S., Reimann, I., Channarayapatna, G. 2016. Optimizing nutritional quality of aquafeeds in Aquafeed Formulation, pp: 239-264.
4. Daniel, N., 2018. A review on replacing fish meal in aqua feeds using plant protein sources. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies 2018; 6(2): 164-179.
5. Baeza-Ariño, R., Martínez-Llorens, S., Nogales-Mérida, S., Jover-Cerda, M., Tomás-Vidal, A. 2016. Study of liver and gut alterations in sea bream, *Sparus aurata* L., fed a mixture of vegetable protein concentrates. Aquac. Res., 47 (2016), pp. 460-471, 10.1111/are.12507.
6. FAO. 2022. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
7. IFFO (The Marine Ingredients Organization). 2017. Fish Meal Production. <https://www.iffco.com/production> (Access: May 2023).
8. Chaudhary, T., 2022. Pet Food Market Research. www.marketresearchfuture.com (Access: June 2023).