

HLUTI 3: NÝSTÁRLEG VINNSLA VANNÝTTUM FISK Í BARF

Unnið af:

Prof. Jørgen Lerfall,
MSc Sine Marie Moen Kobbenes,
and Assoc. Prof. Anita Nordeng Jakobsen

NTNU - Norwegian University of Science and Technology, Department of Biotechnology and Food
Science, Trondheim, Norway

Yfirlit

Samantekt1

1 2

- 1.1 Brottkast fisks - eiginleikar og stöðugleiki**Error! Bookmark not defined.**
- 1.2 Fish spoilage: Autolytical, microbial and chemical changes**Error! Bookmark not defined.**
 - 1.2.1 Enzymatic autolysis2
 - 1.2.2 Microbial growth and metabolism**Error! Bookmark not defined.**
 - 1.2.3 Oxidation reactions**Error! Bookmark not defined.**
- 1.3 Safety challenges**Error! Bookmark not defined.**

2 Catching technology and onboard handling5

- 2.1 Hygienic design and cleaning procedures**Error! Bookmark not defined.**
- 2.2 Onboard chilling and freezing systems**Error! Bookmark not defined.**
 - 2.2.1 Super and sub-chilling**Error! Bookmark not defined.**
 - 2.2.2 Freezing technology**Error! Bookmark not defined.**
 - 2.2.3 Thawing of frozen discards8
- 2.3 Onboard fermentation of fish discards**Error! Bookmark not defined.**
- 2.4 Onboard acidification**Error! Bookmark not defined.**

3 Innovative processing concepts 9

- 3.1 The Hurdle concept9
- 3.2 Mild processing technologies10

4 BARF processing technologies**Error! Bookmark not defined.**

- 4.1 Fermentation and Biopreservation**Error! Bookmark not defined.**
- 4.2 Additives**Error! Bookmark not defined.**
 - 4.2.1 Organic acids**Error! Bookmark not defined.**
 - 4.2.2 Natural extracts14
- 4.3 Drying and freeze-drying**Error! Bookmark not defined.**
 - 4.3.1 Tunnel drying14
 - 4.3.2 Freeze drying**Error! Bookmark not defined.**

5 Packaging16

- 5.1 Packaging solutions for discarded fish (before it enters the BARF processing plant)16
- 5.2 Packaging solutions for BARF products**Error! Bookmark not defined.**

Error! Bookmark not defined.

Samantekt

Getan til að nýta vannýtt fiskmeti í framleiðslu á líffræðilega viðeigandi hráfóðri (BARF) fer mjög eftir gæðum hráefnisins, stöðugleika, öryggi og næringargildi. Þessi hluti gefur yfirlit yfir meðhöndlunaraðferðir, lausnir og tækni sem gera kleift að viðhalda eða bæta þessar breytur. Hlutanum er skipt í fimm kafla sem fylgja virðiskeðju hráefnis (hents fisks) frá veiðum til verðmæts hráefnis fyrir BARF framleiðslu. Í fyrsta kafla er stuttlega fjallað um eiginleika og stöðugleika hráefnisins. Fjallað er um næringarsamsetningu, skemmdir og öryggismál. Í öðrum kafla eru kynnt atriði sem tengjast veiðitækni og meðhöndlun um borð og hvernig megi bæta áðurgreindar breytur. Þessi kafla undirstrikar mikilvægi réttra kæli- og kælikerfis til að viðhalda gæðum hráefnisins. Í þriðja og fjórða kafla er fjallað um vinnsluhugtök sem bæta hráefni og auka gæði og stöðugleika lokaafurðarinnar. Í þriðja kafla er fjallað um ný hugtök, þar á meðal útfærslu á hindrunarreglum. Viðskiptatæknileg notkun BARF framleiðslu er kynnt í fjórða kafla. Að lokum er í kafla fimm kynnt umbúðahugtök fyrir alla virðiskeðjuna, bæði verður fjallað um lausahugtök sem hugsanlega eru notuð við dreifingu á hráefninu (hents fisks), sem og neytendavæn hugtök fyrir dreifingu á endanlegri BARF vöru.

1 Brottkast fisks - eiginleikar og stöðugleiki

1.1 Næringarsamsetning og snefilefni

Fiskur er uppspretta prótína og hollra lípíða en einnig einstök uppspretta nauðsynlegra næringarefna. Áætluð samsetning er mismunandi eftir tegundum og feitur fiskur gæti verið töluvert breytilegur milli árstíða vegna tiltækra næringarefna og hrygningartíma. Hins vegar samanstendur fiskur almennt af 70-84% vatni, 15-24% prótíni, 0,1-22% fitu og 1-2% steinefni og 0,1-1% kolvetni [1]. Sjávarfisktegundir innihalda mikið af fjölmöttuðum fitusýrum (PUFA), nefnilega EPA (eicosapentaenoic acid) og DHA (docosahexaenoic acid), sem eru nauðsynlegar fyrir heilbrigði dýra og fyrir réttan vöxt hvolpa.

Auk fjölbreyttra prótína og lípíða inniheldur fiskur steinefni eins og joð, kalsíum, járn, sink, selen, fosfór og B, D, A og K vítamín [2]. Fiskprótín er talið auðmeltanlegt og inniheldur allar nauðsynlegar amínósýrur. Þó að fiskneysla hafi marga kosti er hún einnig uppspretta efna- og næringarfræðilegra aðskotaefna. Feitar tegundir safna þungmálum, mengunarefnum og næringarefnum sem gæti þurft að bregðast við. Hins vegar eru gildi oft lág og aðeins á menguðum svæðum og við sérstakar aðstæður eru greind gildi hærri en þau mörk sem stjórnvöld setja. Einn áhættuþáttur sem bent er á í norðausturhluta Miðjarðarhafs er innihald Arsen (As) í veiddum afla [3]. En þrátt fyrir þessa áhættu við fiskneyslu þá vegur ávinningurinn langt um þyngra [2].

1.2 Fiskskemmdir: Sjálfsmeltunar-, örveru- og efnabreytingar

Gæðatap á fiski á sér stað um alla virðiskeðjuna, allt frá veiði, vinnslu, dreifingu og við geymslu. Fiskhráefnið er mjög viðkvæmt vegna hás pH-gildis eftir slátrun og næringarefnainnihalds sem styður örverufræðilegan vöxt. Skemmdir fisks skiptast í þrennt (1) ensímbundin sjálfsmelting eftir slátrun, (2) örveruvöxtur og efnaskipti og (3) oxunarviðbrögð [4, 5].

1.2.1 Ensím sjálfsmeltingar

Við dauða hefst tap á ferskleika fisksins af völdum sjálfsmeltunar sem orsakast af innrænum ensímum (tafla 1). Glýkólýsa eftir slátrun leiðir til uppsöfnunar mjólkursýru sem lækkar pH gildi vöðvans. Magnið fer einnig eftir magni glýkógens í vefnum við dauða sem og fisktegundum. Stressaður fiskur hefur lágt magn og mun gefa minni pH lækkun. Jafnframt er sjálfvirkni niðurbrot adenósín þrífosfats (ATP), frumunnar "orkugjaldmiðill", ein af fyrstu sjálfsmeltingarbreytingunum sem eiga sér stað eftir fiskdauða, sem leiðir til flæðis ensímhvarfa og ATP niðurbrotsefna, einfaldað $ATP \rightarrow \text{adenósín tvífosfat (ADP)} \rightarrow \text{adenósín mónófosfat (AMP)} \rightarrow \text{inósín mónófosfat (IMP)} \rightarrow \text{inósín (HxR)} \rightarrow \text{hypoxantín (Hx)}$ [6]. Niðurbrot IMP tengist tapi á ferskleika og sérstaklega Hx tengist fiskskemmdum.

Sjálfgreiningarferli fela einnig í sér prótínhvörf þar sem prótín eru brotin niður í peptíð og lausar amínósýrur. Prótínleysandi efnaskipti valda mýkingu og áferðarbreytingum í fiskvef [7]. Dæmi um prótínhvörf sem stuðla að hnignun fiskvefs eru cathepsin, calpains og kollagenasar.

Table 1. Sjálfsmeltingar-, örveru- og efnabreytingar í kældum fiski (uppfært frá Speranza, Racioppo [4],

Tegund fiskskemmdar	Orsakavaldar	Breytingar
Innræn (sjálfsmelting)	Glýkólýtandi ensím	Framleiðsla á mjólkursýru, pH í vefjadropum, tap á vatnsheldni í vöðvum. Stífni við háan hita getur valdið gapi.
	Ensím sem taka þátt í niðurbroti núkleótíða	Tap á fersku fiskbragði, smám saman eykst beiskja með Hypoxanthin (Hx) (síðari stig)
	Cathepsins	Mýking á vefjum, gerir vinnslu erfiða eða jafnvel ómögulega
	Kýmótrypsín, trypsín, karboxýpeptíðasar	Sjálfsmelting á innnyflum í uppsjávarfiski (magasprengjandi)
	Kalpaín	Mýking hams í krabbadýrum
	Kollagenasar	«Göpun» eða flakmýking
	TMAO demetýlasi	Formaldehýð-örvuð herding á frosnum mjúkugga fiski
	Almenn innræn virkni	Mislitun (svartur, gulleit, brúnleitur, fölnandi) og vatnsrofsoxun (uppsöfnun óbundinna fitusýra)
Örverur	<i>Shewanella</i> ^a	TMA, brennisteinsvetnissambönd, Hx
	<i>Pseudomonas</i> spp.	NH ₃ , esterar og brennisteinssambönd en ekki H ₂ S
	<i>Photobacterium phosphoreum</i> ^b	TMA, esterar, alkóhól, ketón, lífræn amín
	Mjólkursýrugælar (LAB) og <i>brochotrix thermosphacta</i> ^c	Ediksýra, NH ₃ , týramín, asetóín, díasetýl, H ₂ S
	<i>Aeromonas</i> spp., <i>Vibrio</i> spp., <i>Photobacterium</i> spp., <i>Enterobacteriaceae</i> ^d	TMA, brennisteinssambönd, lífræn amín
	LAB, og <i>brochotrix thermosphacta</i> ^e	Ediksýra, NH ₃ , týramín, asetóín, díasetýl, brennisteinssambönd
	Vöxtur örvera, almenn ensímverki örvera	Tap á safu, þétt áferð, mislitun, uppsöfnun óbundinna fitusýra
Efnabreytingar	Oxandi þránun	Svæsið bragð og lykt, breytingar á áferð
	Oxun ótengd ensínum	Litabreyting

Huss [8], Bozaris and Parlapani [9])

^a H₂S-framkallar *Shewanella*

^b TMA í sjávarlíftegundum við hitastig undir 15 °C

^c Tegundir frá heitara vatni, sérstaklega tegundir með lítið sem ekkert TMAO

^d Ferskar og létt varðveittar vörur geymdar við umhverfishita

^e Létt varðveittar og kældar vörur

1.2.2 Örveruvöxtur og efnaskipti

Örverur eru aðalorsök fiskskemmda. Rverur í fiski eru náttúrulegar örverur í fiskroði, tálknum og meltingarvegi. Samsetning örvera í fersku sjávarfangi fer eftir landfræðilegum uppruna, vatnssamsetningu og hitastigi, týpu tegunda og veiðiaðferðum. Fiskar úr tempruðu eða heitu vatni innihalda loftháðar eða geðrænar loftháðar mesófílar Gram-neikvæðar (*Pseudomonas* spp., *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, *Xanthomonas* og *Vibrio*) og Gram-jákvæðar bakteríutegundir (*Bacillus*, *Corynebacterium*, og *L. Micrococillus*). Geðsæknar og geðrofnar Gram-neikvæðar örverur, eins og *Photobacterium*, *Shewanella*, *Psychrobacter* og *Pseudomonas*, eru ríkjandi í köldu vatni. Hins vegar er einnig oft greint frá nokkrum Gram-jákvæðum ættkvíslum [9]. Utanaðkomandi örvera stafar af mengun eftir veiði, við meðhöndlun um borð og í allri virðiskeðjunni. Nokkrir þættir hafa áhrif á geymsluþol örvera, þar á meðal t.d. fangaðferðir, umhverfisaðstæður á veiðisvæðinu, fisktegundir, meðhöndlun um borð og hreinlætisaðstæður og frekari vinnslu- og geymsluaðstæður. Hitastýring í gegnum alla virðiskeðjuna er mikilvæg til að hindra þróun örvera í hráefninu [9].

Umbrot örvera leiða til niðurbrots næringarefna og framleiðslu sérstakra umbrotsefna sem valda óþægilegu og óviðunandi óbragði og lykt, mislitun, slímframleiðslu og áferðarbreytingum (tafla 1) [4]. Þessi umbrotsefni eru framleidd af takmörkuðum fjölda örverutegunda, oft þekktar sem sérstakar skemmdarörverur [9].

Óþægileg „fisklykt“ stafar oft af trímetylamíni (TMA), sem verður til í fiski vegna niðurbrots trímetylamínóxíðs (TMAO) [10]. TMA einkennist af ammoníaklíku óbragði og er framleitt við loftfirrðar aðstæður af sérstökum skemmdarbakteríum, meðal þeirra eru *Shewanella putrefaciens*, *Aeromonas* spp., *Enterobacteriaceae*, *Photobacterium phosphoreum*, *Vibrio* spp., *Micrococcus*, *Acinetobacter*, og *Moraxella*. Önnur efnasambönd framleidd og valda óþægilegri lykt eru lífrænar sýrur, alkóhól, aldehýð, amín, ketón, súlfíð, ammoníak og brennisteinsvetni (tafla 1) [9].

Önnur lífræn amín eru framleidd með örveruafkarboxýleringu, þar á meðal histamín, putrescine, cadaverine, spermidine og spermine. Innræn ensím geta einnig framleitt lífræn amín, en núverandi örvera framleiðir meirihlutann. Örverur sem taka þátt í histamínmyndun eru *P. phosphoreum*, *Enterobacteriaceae*, og *Pseudomonadaceae*.

1.2.3 Oxunarviðbrögð

Fiskur er rík uppspretta fjölmættaðra fitusýra sem því miður eru mjög viðkvæmar fyrir niðurbrotsferli, svo sem oxun. Oxunarferlum í fiski er hraðað ef hráefnið verður fyrir háum hita, lofti (súrefni) og útfjólubláu ljósi [11]. Ennfremur getur mikil meðhöndlun sem truflar vöðvahimnuna leitt til súrefnisútsetningar fyrir lípíðhluta og þar með oxun. Oxun leiðir til harðgerðra óbragðefna. Almennt séð er fituoxun meira áberandi í hakki en í ósnortnum vöðva vegna meiri snertiflöts milli lípíða og súrefnis. Blóðgun er hefur mikil áhrif á gæði fiskvöðva, sérstaklega oxun fitu. Blóð er oxunarefni og hægt er að koma á stöðugleika í fiskmetinu með því að framkvæma blóðgun um borð. [11]. Nauðsynlegt er að benda á að mismunandi tegundir og vöðvagerðir eru breytilegar hvað varðar blóðrauða/mýóglóbín (virku for-oxunarefnin í blóði) og lípíðinnihald og sýna því einnig mismunandi næmi fyrir oxun. Oxunarferli er mjög háð hitastigi og fryst geymsla við mjög lágt hitastig (-30 til -40 °C) getur komið á stöðugleika í hráefninu.

1.3 Öryggisáskoranir

Hætta á örverumengun og efnamengun fiskhráefnis er almennt talin meiri í ferskvatns- og strandbeltum en í opnum sjó; Hins vegar eru líffræðileg og efnafræðileg öryggisatriði mismunandi milli svæða, búsvæða og fisktegunda. Ennfremur eru þau mismunandi eftir framleiðslu- og stjórnunaraðferðum, þar með talið hreinlætishönnun og stjórnun, í mismunandi virðis_keðjum. Fjallað er um líföryggishollustuhætti og löggjöf ESB fyrir vinnslu og lokaafurðir úr vannýttu fiskmeti í hluta 5.

2 Veiðitækni og meðhöndlun um borð

Óæskilegur afli hefur verið ein helsta áskorunin innan sjávarútvegs og er skilgreind sem sá hluti aflans sem ekki er hægt að markaðssetja vegna þess að hann hefur lítið sem ekkert markaðsverðmæti eða vegna lagaskilyrða [12, 13]. Allar þessar nytjastofnar og auðlindir sem ekki eru í atvinnuskyni sem skilað er aftur í sjó við veiðar í atvinnuskyni, dauðar eða lifandi, kallast brottkast [14]. Eins og lýst er í [15] þá eru nokkrar ástæður fyrir brottkasti, þar á meðal að hluti aflans getur verið undir lögbundinni lágmarksviðmiðunarstærð verndar, fiskar eru af tegundum sem hafa lítið eða ekkert markaðsvirði, þeir eru skemmdir eða kvóti þessarar tegundar hefur þegar verið veiddur. Það er því ekki hægt að landa því frá sjónarhóli reglugerðar. Þrátt fyrir að rekja megja aðferðina við brottkast til félagslegra, efnahagslegra og lagalegra ástæðna, er ein af grundvallarorsökunum að notuð er ósértæk veiðitækni ásamt umhverfisþáttum sem hafa áhrif á tegundadreifingu [16]. Hve mikið brottkast er vandamál er mjög fiskveiðiháð og það hefur verið sérstaklega krefjandi í botnvörpuveiðum með blönduðum tegundum, sem nú bera ábyrgð á mestu brottkastinu, að minnsta kosti í evrópsku samhengi [16, 17]. Nokkur lönd, þar á meðal Noregur, Ísland, Chile og Nýja Sjáland, hafa áður sett bann við brottkasti. Löndunarskylda ESB, einnig þekkt sem brottkastsbannið, var að fullu innleidd snemma árs 2019 með nýjustu umbótum á sameiginlegu sjávarútvegsstefnunni (ESB 2013, 5. gr.). Eitt af markmiðum þessa banns er að þróa og beita sértækari búnaði. Þannig að frá sjónarhóli veiðitækninnar hefur aukin sértækni verið helsti drifkrafturinn fyrir nýsköpun, minnkað magn meðafla og dregið úr magni fisks sem fleygt er.

Þó að fiskiskipum sé ætlað að veiða fisk er raunin sú að þau verða líka að búa við fullnægjandi aðstæður til vinnslu og viðunandi kælikeðjuskilyrða þar til fiskinum er landað. Einnig þarf að sérsníða afkastagetu þessara kerfa til að hafa getu til að meðhöndla vannýtt sem og afgangsráefni almennt. Heildarfjöldi fiskiskipa í heiminum er áætlaður 4,4 milljónir; meira en 80% eru minna en 12 m löng og iðnvædd fiskiskip 24 m eða lengra eru 2% allra vélknúinna fiskiskipa [18]. Meðal þeirra munu aðallega miðlungs til stór skip í atvinnuskyni (12-24 m) sem sigla út miðlungs vegalengdir (um tveggja vikna ferðir) hafa kælda sjógeyma og ísgerðarvélar um borð, en aðeins stór, iðnvædd skip (>24 m).) sem sigla út langar vegalengdir hafa frystingargetu. Þessi stóru iðnvæddu skip munu hafa mismunandi hraðfrystiskápa, plötufrysta, kælda sjótanka og ísgerðarvélar, allt eftir tegundum sem veiddar eru og ferlum sem notaðir eru [19].

Frystitogarar eru að jafnaði stór atvinnufiskiskip sem stunda rekstur fjarri landi með frystibúnað um borð. Frystigöng (loftsprengr), plötufrystar og frystitankar (dýfa í saltlausn og lágt hitastig) eru mest notuðu frystikerfin í vinnsluskipum. Þar á meðal gætu frystigöng verið besti kosturinn fyrir vannýtt fiskmeti. Frystitankar (dýft í saltlausn og lágt hitastig) eru oft notaðir fyrir stóra heila fiska og fyrir uppsjávarfisk sem notaður er til beitu [20]. Í diskafrysti eru sjávarafurðir eins og flök frystar með snertingu milli tveggja diska með einhverjum þrýstingi.

2.1 Hreinlætishönnun og hreinsunaraðferðir

Hreinlætishönnun um borð í fiskiskipum er nauðsynleg til að tryggja há gæði og öryggi hráefnis sem er unnið um borð. Skipstjóri og útgerðarmaður/eigandi skips bera ábyrgð á því að skipið uppfylli kröfur og veiti hreinlætislegt fiskvinnsluumhverfi. Samtökin Seafish hafa, í samvinnu við Matvælastofnun (FSA) og fulltrúa iðnaðar- og eftirlitsaðila, útbúið nokkra hreinlætisgátlista til að athuga hvort fiskiskip uppfylli lágmarkskröfur um hreinlæti. Hreinlætiskröfur um borð í fiskiskipum eru settar fram í ýmsum reglugerðum og leiðbeiningum. Sem dæmi má nefna að ESB er með tilskipun (tilskipun 93/103/EB) sem setur lágmarkskröfur um öryggi og heilbrigði fyrir vinnu um borð í fiskiskipum. Þessar kröfur fela í sér reglubundið eftirlit yfirvalda, tæknilegt viðhald á skipum og tækjum þeirra og búnaði, regluleg þríf til að viðhalda viðeigandi hreinlæti og viðeigandi þjálfun starfsmanna um öryggi og heilsu um borð í skipum sem og slysavarnir [21].

Þríf á fiskiskipum eru nauðsynleg til að viðhalda viðeigandi hreinlæti og koma í veg fyrir hráefnismengun. Sumar ráðlagðar hreinsunaraðferðir fela í sér að þrífa og hreinsa lendingarsvæðið, alla fleti og kælikerfið (t.d. blautísílatið, slurry ískerfið eða kælda sjógeyminn (RSW)/kælda sjóinn (CSW) daglega með réttum hreinsiefnum. Val á þvotta- og sótthreinsiefnum fer eftir tiltekinni notkun og verður að velja út frá sérstökum þörfum. Til dæmis, til að fjarlægja líffilmur eins og þær sem safnast upp á fiskvinnslusvæðum á áhrifaríkan hátt, eru klór vörur eins og klóralkalí- og natríumhýpóklórítlausnir eða blöndur af súrum og basískum hreinsiefnum ákjósanlegar [22]. Það er einnig nauðsynlegt að allur meðhöndlunarbúnaður sé hreinsaður rétt fyrir og eftir notkun (þar á meðal hnífar, brýniverkfæri, gafflar og gaddaverkfæri eða kylfur).

2.2 Kæli- og frystikerfi um borð

Kælikerfi um borð eru notuð í fiskiðnaði til að halda fiskinum ferskum og varðveita gæði hans. Hönnun kælingar um borð verður að uppfylla hreinlætisstaðla og geta dælt út varma í réttu hlutfalli við veiðigetu togaranna. Til að hámarka kæliferli og hitastýringu kerfisins þarf að huga að breytilegri fiskastærð og magni/rennsli [23]. Þrjár aðferðir eru notaðar í köldu fiskkeðjunni: að geyma fiskinn á ís (tekinn með úr landi eða framleiddur um borð), kæling í RSW kerum og frysting í blokkum í plötufrystum. Nokkur skip eru einnig með hraðfrystiskápa fyrir einfryst flök [24]. Þessir frystar gætu einnig verið notaðir til að koma stöðugleika á vannýtt fiskmeti ef markaður verður fyrir þennan hluta (t.d. áhugi framleiðenda á BARF gludýrafóðri).

Fyrir smærri fiskiskip er ís algengasta leiðin til að kæla. Aðrir staðlar eru kælt vatn, íslausn (bæði sjó og ferskvatni) og RSW. Til þess að fullur ávinningur af kælingu náist er nauðsynlegt að viðhalda kælihluta í gegnum hinar mismunandi fiskvinnsluaðgerðir [25]. Hefðbundin kæling á vöru byggir á þeirri staðreynd að engin frysting ætti að eiga sér stað á yfirborðinu, sem leiðir til árangurslítillar hitafjarlægingar. Þetta ferli verður enn umfangsmeira fyrir stærri vörur vegna lítillar varmaleiðni, sem gerir þetta ferli mjög orkufrekt og síðast en ekki síst tímafrekt [26].

2.2.1 Ofur og undirkæling

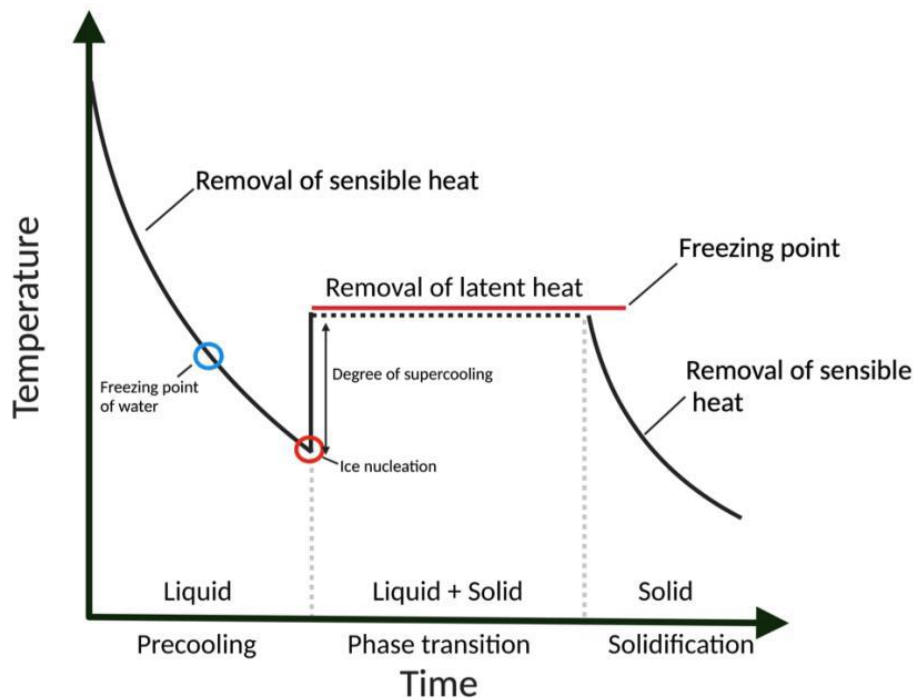
Ofurkæling er ferlið þar sem hitastig vörunnar er lækkað í 1-2 °C undir upphafsfróstmarki (fyrir fisk á milli -1 og -2 °C) [27, 28]. Aftur á móti vísar undirkæling til hitastigs nálægt upphafs fróstmarki en ekki undir. Dæmigert hitastig sem fæst með undirkælikerfi er á milli -0,5 og -1,5 °C. Þessar skilgreiningar hafa tilhneigingu til að vera notaðar til skiptis, en ofurkældar vörur fá venjulega lægra hitastig en undirkældar vörur. Fyrir báðar aðgerðir finnst ísmyndun á yfirborði fisksins, sem mun leiða hita frá innri hluta fisksins

til ytra hluta og nær að lokum jafnvægi við geymslu. [29]. Þessi yfirborðsís virkar einnig sem kuldageymsla og er því ekki þörf fyrir ytri ís. Ísinn mun einnig gleypa hita frá umhverfinu og halda fiskinum við stöðugt hitastig. Þegar fiskurinn er ofkældur eða undirkældur hættir ensím- og bakteríuvirkni og er hindrun á örveruvexti einn mikilvægasti þátturinn í því að auka geymsluþol matvæla. Greint er frá því að hægt sé að lengja geymsluþol fisks sem hefur verið ofurkældur um 1,5-4 sinnum miðað við sama fiskmeti sem var eingöngu kælt [27, 30]. Nokkrar undirkælingaraðferðir eru til, þar á meðal RSW slurry, hluta ísmyndun, CSW, kælivökva- og köfnunarefnisfrysting. RSW er ísvatnssviflausn sem geymd er við frostmark með ísöngnum í sjó. Kostirnir eru meðal annars hraðari kæling vegna hraðari hitaskipta og minni líkamlegrar skemmdar á fiskinum en flöguís þar sem ísagnirnar eru ekki í beinni snertingu. Sjórinn verður að vera nógu saltur til að ná nægilega lágum hita. Þess vegna er auknu salti oft bætt við RSW kerfið [31]. Nýrri tækni er frostgöngin. Fiskurinn er settur á teflonhúðað álbelti sem heldur hitastigi frá -8 til -6 °C og þar sem hann er fluttur í gegnum göngin blæs kalt loft. Önnur stöðluð ofurkælingaraðferð er frysting með kælivökva. Þessum frysti er skipt í svæði á bilinu -30 °C til -40 °C, þar sem svæðið næst inntakinu er hlýjast og það svæði sem er næst úttakinu er kaldast. Þetta liðkar fyrir hámarks varmafræðilegri notkun kælimiðilsins. Svæðin eru einnig með óháða kælivökvabunum, sem gera háhraðalofti kleift að framleiða hámarks hitaflutning. Salvadori and Mascheroni [32] greindi frá því að vinnslutími í kælivökvafrystihúsi væri minni en sá tími sem þarf í hefðbundnum beltagöngfrysti, sem gerir kælivökvafrystingu vænlega leið til að varðveita fiskafurðir. Ofurkæling með kælivökva-frystingu tekur um það bil 45-90 sekúndur. Hins vegar fer þetta eftir hlutfalli yfirborðsflatar og heildarsýnisrúmmáls.

Undir- og ofurkældar aðstæður hafa tilhneigingu til að koma á stöðugleika í fleygum fiski með mismunandi aðferðum, þar á meðal minni sjálfgreiningarvirkni og vatnsrofsoxun (lækkað hitastig dregur úr virkni innrænna ensíma), auk minnkaðs vaxtarhraða skemmda baktería.

2.2.2 Frystitækni

Frysting er ferlið þar sem vatn verður ís. Í fiski hægir þetta ferli á virkni innrænna ensíma sem annars hefði brotið niður prótín og hindrar örveruvöxt, sem lengir geymsluþol [33]. Fiskur inniheldur á milli 60 til 80% vatn eftir tegundum og árstíðabundnum breytingum [1]. Þegar hitastig fisks nær um það bil -1°C byrjar vatnið að breytast úr fljótandi í fast [28]. Hægt er að skipta ferlinu í fjóra áfanga eins og sýnt er á mynd 1. Þeim fjórum áföngum mætti lýsa sem; i) varmi frá vörunni er fjarlægður þar til varan nær upphafs frosthitastigi, ii) kæling heldur áfram þar til hitastigið fer yfir fasabreytandi hitastigið og kjarnamyndun ískristalla hefst (ofurkælingarfasinn), iii) duldur hiti er fjarlægður og ískristallar byrja að myndast samtímis og síðast, iv) endurkristöllun íss á sér stað [33]. Frysting er útvarma ferli og þar sem mest af vatni breytist í ískristalla þarf að fjarlægja umframhitann úr fiskinum og fer eftir því hvaða frystingaraðferð er notuð hvort það gerist hægt eða hratt [28].



Mynd 1. Tíma-hita línurit vatnsfrystingar, breytt frá Tan, Mei [33].

Frosthraði er mikilvægur fyrir kjarnamyndun og myndun ískristalla. Hröð lækkun á hitastigi og snögg hitaútdæling styður vöxt fjölmargra lítilla ískristalla [34]. Þegar þessi skilyrði eru uppfyllt myndast litlir ískristallar bæði í sarcoplasminu og utanfrumurnu og mynda andstæða krafta sem leiða til einsleits bils. Þetta veldur ekki miklum skemmdum á vöðvafrumunum. Aftur á móti skapar hæg frysting meiri skemmdir á vöðvabyggingu sem leiðir til dropataps, prótínryrnunar og litabreytinga [33]. Ískristallarnir í hægfrystingu myndast í óreglulegu mynstri. Þetta sérkenni má sjá í vöðvavefjum og endomysium, sem veldur auknu raski. Endurkristöllun verður þegar myndaðir ískristallar breyta lögun, stærð og magni og þegar meðalstærð ískristalla eykst minnkar magn ískristalla. Drifkraftur allra kerfa er að færast í ástand þar sem magn lausrar orku er lægra. Endurkristöllun stafar af hitasveiflum sem eru oft óumflýjanlegar við geymslu og flutning og þegar smærri ískristallarnir sameinast verða stærri ískristallar til. Eins og fram hefur komið valda stærri ískristallar meiri skaða á frumubyggingum en smærri ískristallar, sem er óæskilegt.

Frysting á fleygðum fiski væri gagnleg til að bæta stöðugleika hans og hámarka möguleika á notkun hans í BARF. Hins vegar þarf að huga að nokkrum aðgerðum fyrir og meðan á frystingu stendur til að viðhalda gæðum fisksins. Í fyrsta lagi þarf að meðhöndla fargaðan fisk um borð sem ferska afurð, sem þýðir t.d. að hann sé blóðgaður nægilega vel. Í öðru lagi þarf að frysta fiskinn eins hratt og hægt er með viðeigandi frystitækni. Ef mögulegt er ætti fiskurinn að vera annað hvort ofurkældur eða frystur á sjó (pre-rigor) með því t.d. að nota sömu frystikerfi og fyrir hraðfryst flök. Að lokum, þegar hann er frosinn, verður að halda geymsluhitastigi stöðugu til að forðast endurkristöllun og tapi á gæðum og næringarefnum við þíðingu.

2.2.3 Þíðing á frosnu vannýttu fiskmeti

Þíðing er ekki stunduð á landi en er nauðsynlegt skref fyrir sjófryst vannýtt fiskmeti fyrir frekari vinnslu til BARF. Þíðingarferlið er í meginatriðum andstæða frystingar; varmi er settur inn í stað þess að taka hann út [35]. Þegar varan er tilbúin til þíðingar myndast ískristallarnir við frostbráðnunina. Fiskaprótínin munu

síðan reyna að taka upp vatnið aftur ef vefurinn hefur orðið fyrir lágmarks eyðileggingu. Segjum samt sem áður að vöðvaprotínin hafi skemmst vegna frystingar. Í því tilviki munu ískristallarnir bráðna inn í utanfrumurýmið sem skapa mýkri áferð, dropatap og breytingum á bragði [36]. Dropatap felur í sér tap næringarefna þar sem vatnsleysanleg prótein eru eftir í vatninu sem losnar við þíðingu, sem hefur í för með sér skert holdgæði.

Nauðsynlegur leysingartími fer aðallega eftir hitamun á leysingarmiðli og vöru og eiginleikum íss og vatns. Eins og áður hefur komið fram þá myndast íslag á yfirborðinu sem flytur varma á skilvirknan hátt vegna varmaleiðni íss þegar fiskur er frystur. Þegar þetta lag bráðnar virkar það sem einangrunarefni í stað þess að virka sem leiðari og hægir verulega á þíðingarferlinu. Þetta bráðna lag mun gera þíðingarferlið hægara og hægara eftir því sem meira vatn er bráðnað. Vegna þessa er þíðing iðulega flóknara ferli til að stjórna og spá fyrir um en frysting [35].

Óæskileg prótínaflögun vegna lélegrar meðhöndlunar fyrir frystingu og vegna ófullnægjandi frystingar, geymslu og þíðingarskilyrða þarf að forðast til að nota þessi hráefni sem BARF. En með því að fínstilla tiltekna aðferðir ætti að vera möguleiki á að nota frosið hráefni til að framleiða BARF.

2.3 Gerjun um borð í vannýttu fiskmeti

Magngerjun í vannýttu fiskmeti með mjólkursýrubakteríum (LAB) er möguleg aðferð til að varðveita hráefnið fyrir löndun og frekari framleiðslu til BARF. LAB gerjun í iðnaðarnotkun er gerð með sjálfsprottinni gerjun eða með því að bæta við viðeigandi gerlaflórum. Tegundirnar *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus* og *Leuconostoc* eru mest notaðar í slíku ferli. Frá hagkvæmni, umhverfis- og dýravelferðarsjónarmiðum er mikill áhugi á því að fá stöðugan og fyrirsjáanlegan örverustofn í fóðrið, sem hægt er að ná með því að þróa frumræktarflóru. Gerjun og lífvarðveisla verður nánar rædd sem aðferð til að auka stöðugleika í BARF vörum í kafla 4.1. Gerjun og lífvarðveisla.

2.4 Súrnun um borð

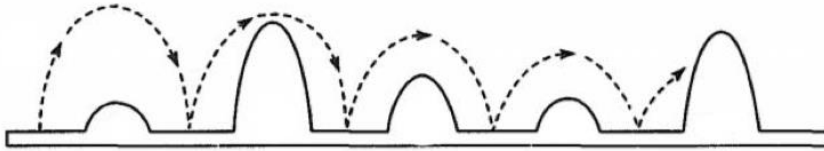
Súrnun um borð eða sýring á fleygðum fiski getur verið lausn til að bæta stöðugleika hráefnisins fyrir BARF framleiðslu eftir löndun. Fisksílak (e. fisk silage) er fljótandi afurð sem er unnin úr heilum fiski eða hlutum úr fiski sem verða fljótandi með verkun ensíma í fiskinum í nærveru viðbættrar sýru. Ensímin brjóta niður fiskprótín í smærri leysanlegar einingar og sýran hjálpar til við að hraða virkni þeirra um leið og hún kemur í veg fyrir skemmdir af völdum baktería. Framleiðsla á fisksílaki felur helst í sér lífræna sýru eins og formsýru (35 kg/1 tonn af fiski) til að varðveita fiskinn og leyfa svo ensímunum sem þegar eru til staðar í fiskinum að leysa upp prótínið. Við frekari vinnslu í BARF getur fisksílakið komið í staðinn fyrir óunninn fargaðan fisk eða verið notað sem afurð sjálf. Hins vegar þarf að þróa sérstakar kvittanir byggðar á vörunni sem vekur áhuga.

3 Nýstárleg vinnsluhugtök

3.1 Hindrunar (e. hurdle) hugtakið

Ýmis hefðbundin eða nýstárleg vinnslutækni getur hindrað örveruvöxt og viðhaldið gæðum matvæla og fóðurs, þar á meðal t.d. kæling, söltun, aukefnaviðbætur og lífvernd (Mynd 2). Þessar aðferðir er hægt að sameina, hugtak sem kallast hindrunartækni (e. hurdle technology) [37]. Hver af vinnslubreytunum er vísað til sem hindrun. Rökin fyrir hindrunarhugmyndinni, sem nota marga sýklalyfjapætti með miðlungs styrkleika, er að samvirkni getur átt sér stað með því að útsetja óæskilegar örverur fyrir röð hindrana sem

leiða til meiri varðveisluáhrifa en að nota einn þátt einn með auknum styrkleika. Samverkandi áhrif eiga sér stað ef hindranirnar lenda á sama tíma, mismunandi markmið eins og frumuhimnur örvera, DNA, ensím osfrv. Viðeigandi samsetning margra sýklalyfjabátta getur dregið úr styrk hvers frumefnis og þannig dregið úr áhrifum á gæði vörunnar.



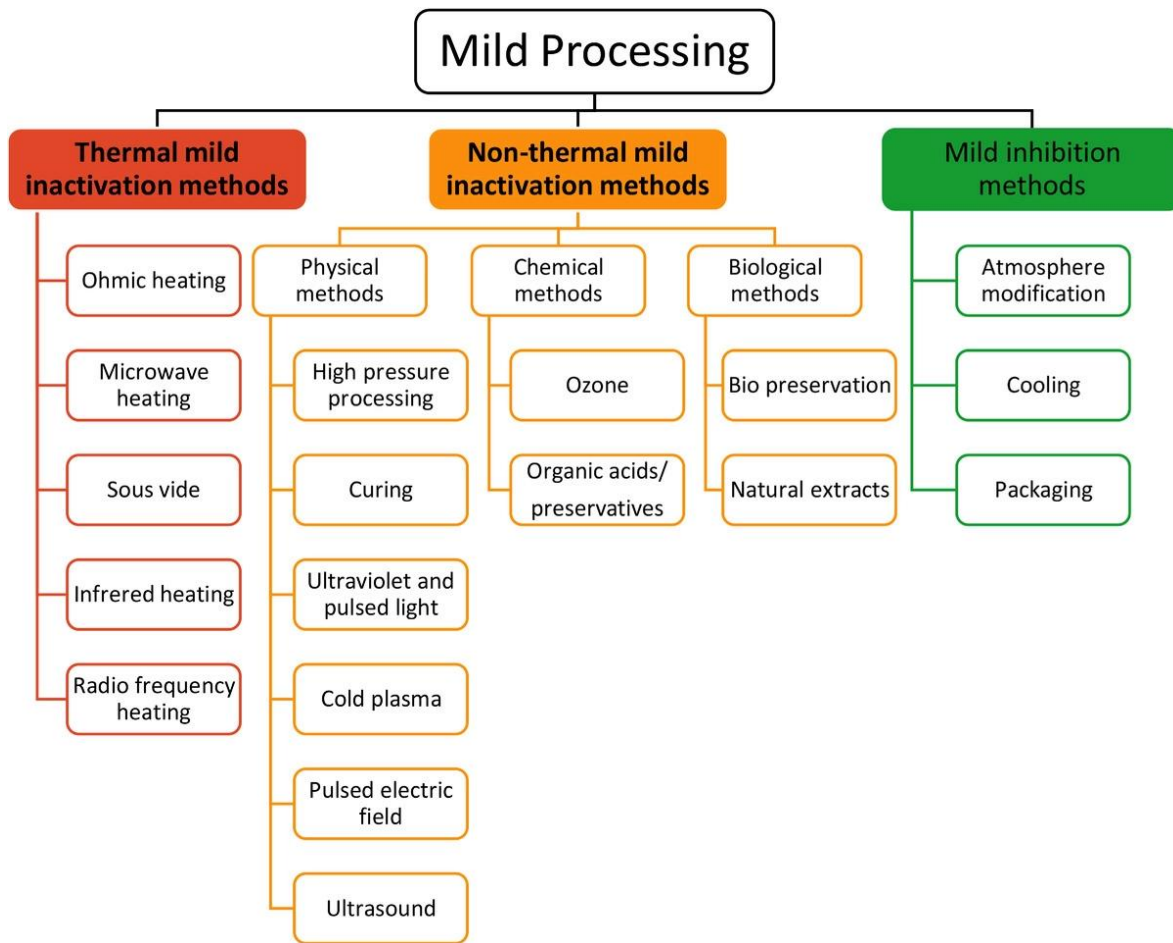
Hreinlæti um borð Kæling Lífvarðveisla Náttúrulegt þykki Umbúðir

Mynd 2. Hindrunarhugtakið, gefur dæmi um hugsanlega hindrunarstefnu (e. hurdle strategy) fyrir BARF

3.2 Mild vinnslutækni

Vægar vinnsluaðferðir matvæla hafa þróast til að lengja geymsluþol vöru og öryggi matvæla með því, að hluta eða öllu leyti, að hindra skemmdir og sjúkdómsvaldandi örverur og/eða ensím á sama tíma og það hefur eins lítið og mögulegt er áhrif á lífræna eiginleika, næringarinnihald og eiginleika vörunnar [38]. Sömu nálgun er hægt að beita við framleiðslu BARF og gæludýrafóðurs til að viðhalda ferskleika og gæðum en lengja geymsluþol vörunnar og hindra hugsanlegan vöxt sjúkdómsvaldandi örvera.

Yfirlit yfir mismunandi mild-vinnsluaðferðir er að finna á mynd 3 og þeim aðferðum sem skipta mestu máli fyrir BARF framleiðslu er lýst í eftirfarandi kafla.



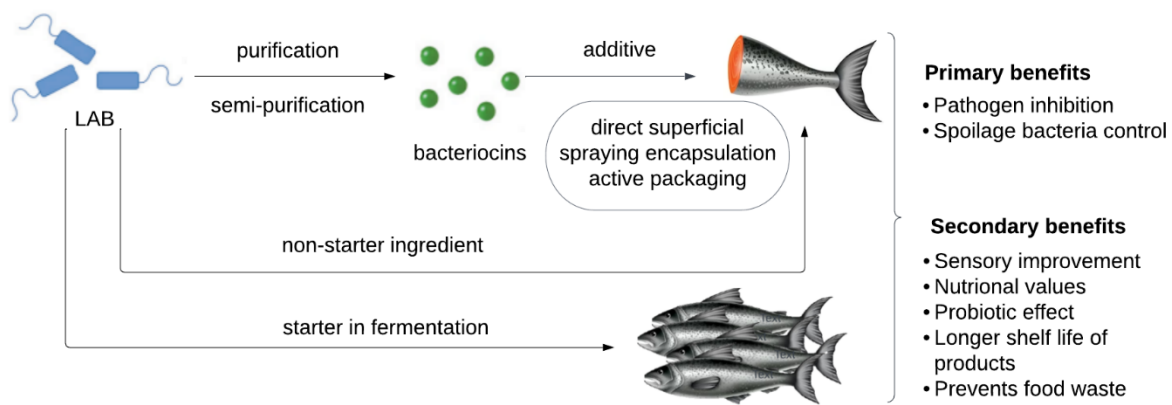
Mynd 3. Dæmi um mismunandi aðferðir við milda vinnslu matvæla og fóðurs eru aðgreind út frá vinnuaðferðum [38].

4 BARF vinnslutækni

4.1 Gerjun og lífvernd

Mjólkursýrubakteríur (LAB) eru ólíkur hópur loftþolna Gram-jákvæðra baktería og nokkrar ættkvíslir, þar á meðal *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, og *Lactococcus*, tengjast örveru sjávarfiska úr köldu, tempruðu og hitabeltisvatni. Gerjun með LAB er efnaskiptaferli þar sem þessar bakteríur breyta sykri í mjólkursýru við loftfirrðar aðstæður. Í matvælum er gerjun með LAB fjölbreytt ferli sem menn hafa notað um aldir til að framleiða fjölbreytt úrval gerjaðra matvæla og drykkja með sérstöku bragði og lengra geymslupól. Í varðveisluskyni gegnir súrnun mikilvægu hlutverki þar sem lágt pH hamlar niðurbroti og vexti sjúkdómsvaldandi örvera. LAB eru sýrupólnari, sem gerir þeim kleift að dafna og drottna yfir örveruvistkerfinu meðan á gerjun stendur. LAB bakteríur framleiða einnig lífræn efnasambönd sem hafa áhrif á bragð, áferð og ilm vörunnar. LAB bakteríur eru einnig þekktar fyrir jákvæða líffræðilega eiginleika þeirra fyrir dýr og menn, sem þýðir að þær geta gagnast þeim sem þeirra neytir með því að bæta þarmaheilsu og styrkja ónæmiskerfið [39].

LAB bakteríur eru almennt taldar öruggar (GRAS lífverur), þ.e.a.s. óeitraðar og ekki sjúkdómsvaldandi. LAB bakteríur eru náttúrulegir framleiðendur sýkladrepani umbrotsefna, svo notagildi þeirra er töluvert þekkt með tilliti til lífvarðveislu. Hugmyndin um lífvernd er tilkomin af gerjun, nema að gerjun felur í sér umtalsverða umbreytingu á fæðutegundinni, sem venjulega er reynt að forðast í lífverndunarkerfum (Mynd 4). Lífvarðveisla notar náttúrulegar bakteríur og örverueyðandi umbrotsefni þeirra til að stjórna sjúkdómsvaldandi og skemmandi bakteríum í matvælum og fóðri til að lengja geymslupól vörunnar [40, 41]. LAB geta framleitt ýmis örverueyðandi efnasambönd, svo sem bakteríusín, vetnisperoxíð og lífrænar sýrur. Bakteríósín eru próteinkennd örverueyðandi efni sem herja á og hamlar bakteríum, þar á meðal sjúkdómsvaldandi stofnum. Vetnisperoxíð og lífrænar sýrur hafa einnig örverueyðandi eiginleika, sem stuðla enn frekar að lífverndaráhrifum [42].



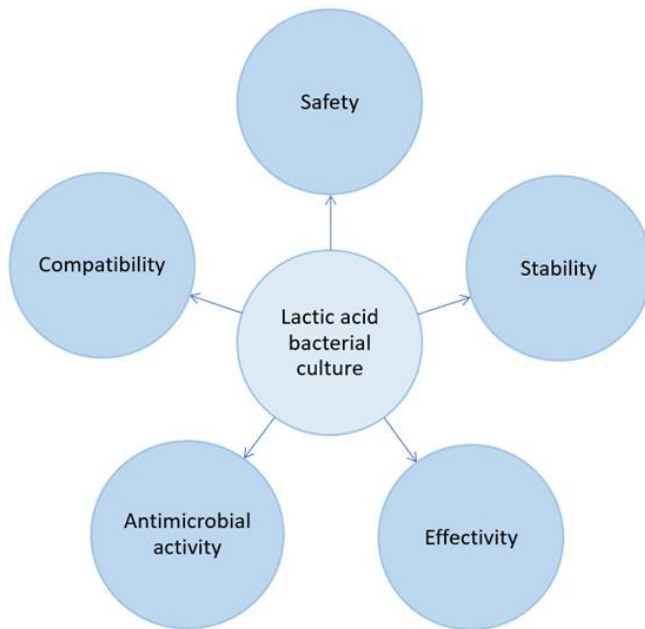
Mynd 4. Mjólkursýrugerlar, bakteríusín og notkun þeirra við gerjun og lífvernd matvæla og fóðurs. Breytt frá Barcenilla, Ducic [43].

LAB bakteríur geta einnig unnið fram úr skemmdum og sjúkdómsvaldandi bakteríum fyrir næringarefni. Þær neyta tiltækra sykra og breyta þeim í mjólkursýru, draga í raun úr næringarefnainnihaldi hvarfefnisins og takmarka líffræðileg úrræði sem eru tiltæk fyrir vöxt óæskilegra örvera. Ennfremur getur LAB gerjun breytt örveruvistkerfi fæðu hvarfefnisins, stuðlað að vexti gagnlegra örvera og hindrað vöxt óæskilegra. LAB getur framleitt efni sem skapar óhagstæð skilyrði fyrir óæskilegar og sjúkdómsvaldandi bakteríur, svo sem bakteríusín sem hindra vöxt þeirra eða efnaskipta aukaafurðir sem takmarka lífvænleika þeirra. Þessi örverubreyting hjálpar til við að varðveita matinn og viðhalda öryggi hans og gæðum.

Lífvarðveisla er einnig hægt að nota sem hluta af hindrunartækni [44], þar sem LAB er sameinað öðrum hindrunum, svo sem kælingu, breyttum andrúmsloftsumbúðum osfrv., til að berjast gegn matarskemmdum og tryggja matvælaöryggi, eins og sýnt er á mynd 2 „hindrunarhugtakið“.

Þar sem LAB er fjölbreyttur hópur baktería er mikilvægt að hafa í huga að mismunandi tegundir mjólkursýrugerla geta sýnt mismunandi gerjunarleiðir, lífvænlega eiginleika og rotvarnargetu. Hægt er að hafa áhrif á virknina með tegundim og skilyrðunum sem notuð eru. Þess vegna, í byrjun gerðar slíkrar stofnaflóru, er vandlegt val á LAB stofnum og hagræðing á framleiðslubreytum nauðsynleg til að tryggja skilvirka lífvernd og æskilega eiginleika lokaafurðarinnar. Stofnarnir verða að vera samrýmanlegir hráefnisgrunninu, lifa af óhagstæð skilyrði við vinnslu og geymslu og framleiða nægjanlegt örverueyðandi

umbrotsefni gegn breitt svið sjúkdómsvaldandi og skemmda baktería [42]. Kröfur fyrir stofna sem notaðir eru við lífvernd eru sýndar á mynd 5.



Mynd 5. Kröfur fyrir bakteríustofna til að bæta lífvarðveislu matvæla og fóðurfurða. Myndin er breytt frá Ghanbari, Jami [42].

4.2 Aukaefni

Matvæla- og fóðuraukefni eru efni sem bætt er við til að koma í veg fyrir óæskilegar örverur, skemmdir vegna ensíma og oxunar eða til að bæta gæðastuðla eins og áferð, bragð og lit. Sykur, sölt og alkóhól eru aukefni sem notuð hafa verið um aldir til að varðveita og auka eiginleika matvæla. Hefðbundin aukefni eru enn notuð í matvælaíðnaði, en tilbúin og náttúruleg efnasambönd hafa þróast á síðari tímum. Aukaefni geta virkað sem rotvarnarefni með því að lækka vatnsvirkni í matvælum og draga þannig úr örveru- og ensímvirkni vörunnar. Þeir geta einnig stillt sýrustig undir eða yfir ákjósanleg skilyrði örvera og myglusvepps, virkað sem lækningaefni til að hindra sérstakar örverur og geta virkað sem róttækar hreinsiefni sem koma í veg fyrir oxun fitu. Tegund aukaefna sem nota á er mismunandi eftir eiginleikum vörunnar. Aukaefni verða almennt að vera óeitruð, tilbúin leysanleg, hagkvæm og hagnýt aðgengi. Ólífræn efnasambönd, lífrænar sýrur og náttúrulegir extraktar eru aukefni fyrir fiskafurðir sem fjallað verður um í eftirfarandi köflum.

4.2.1 Lífrænar sýrur

Lífrænar sýrur eru náttúruleg efnasambönd með veika sýru eiginleika, sem gefa þeim örverueyðandi áhrif, og eru annaðhvort náttúrulega í matvælum eða bætt við til að bragðbæta og varðveita. Vegna náttúrulegrar tilkomu þeirra, aðallega sem aukaafurðir gerjunarferla, er varðveisla með lífrænum sýrum ein elsta og hefðbundnasta varðveisluaðferðin [45]. Í dag hafa þau fengið aukna athygli vegna auðvelds aðgengis og sökum þess að þurfa ekki flókna vinnslu, sem gerir þau ódýr og aðgengileg aukefni. Mjólkursýra og ediksýra finnast náttúrulega, en aðrar algengar lífrænar sýrur sem bætt er við unnin matvæli eru sítrónu-, form-, própíón-sorbín- og bensósýra [46].

Örverueyðandi áhrifin eru aðallega vegna skautaðra hliðarhópa efnasambandanna og lágs pH gildis. Þar að auki er skilvirkni sýrunnar mjög háð pKa gildi hennar. Pólunin gerir sýrurnar fitusæknar, þær smjúga inn í frumuhimnuna sem byggir á fitu og sundrast inni í frumunni. Vegna lækkandi pH gildis hamlast mikilvægar innanfrumuaðgerðir fyrir frumuvöxt, eins og ATP framleiðsla og ensímvirkni [46].

4.2.2 Náttúrulegir extraktar

Náttúrulegir extraktar eru fengnir úr plöntuvef og innihalda litarefni, fjölsykrur, fitusýrur og fenólsambönd, sem öll stuðla að andoxunar- og örverueyðandi áhrifum (Olatunde & Benjakul, 2018). eru mikilvægust fyrir lípíðoxun. Örverueyðandi áhrif tengjast vaxtarhömlun og leysingu örvera. Dæmigerð uppspretta af náttúrulegum extröktum eru ávaxtahýði (vínber, epli, plóma), krydd (tímjan, lárviðarlauf, rósmarín) og þang (brúnþörungur).

Náttúrulegu extraktarnir eru fengnir úr plöntuvef í tveggja þrepa útdráttarferli. Á fyrsta stigi, undirbúningsstigi, er plantan þurrkuð, mulin eða brotin niður til að aðskilja æskilegt efni frá hráefninu. Annað stigið, útdráttarstigið, felur venjulega í sér upplausn plöntuefnisins í lífrænum leysum eins og etanóli, metanóli, asetoni eða hexani. Aðrar útdráttaraðferðir eins og eiming, yfirkítískur vökvaútdráttur, útdráttur með ómbylgjum og örbylgjum hafa verið kynntar sem umhverfisvænni, tíma- og hagkvæmari útdráttaraðferðir [47]. Notkun náttúrulegra extrakta í BARF vörur mun auka almenn gæði þeirra og bæta öryggi þeirra og geymslupól.

4.3 Þurrkun og frostþurrkun

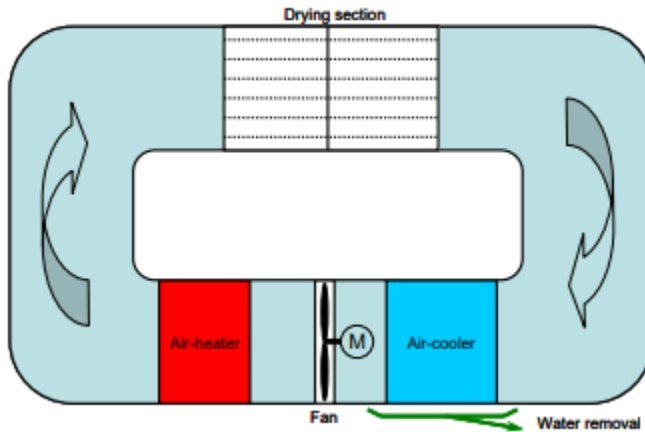
Þurrkun hefur verið aðal aðferðin til að varðveita fisk til langs tíma síðan menn fóru að varðveita fisk. Vegna lækkunar á vatnsinnihaldi leiðir þurrkun til minnkaðs örveruvaxtar og ensímvirkni, sem leiðir til aukins geymslupóls vörunnar.

Vatnsvirkni (a_w) er skilgreint sem vatnsgufuþrýstingur í hráefninu deilt með venjulegum gufuþrýstingi vatns. Vatnsvirknin er nauðsynleg í þurrkunarferli vegna þess að hún veitir upplýsingar um magn virks vatns sem er í vörunni. Flestar ferskar fiskafurðir eru með a_w sem 0,99, þýðir að gufuþrýstingur vörunnar er 99% af gufuþrýstingi hreins vatns. Eftir þurrkunarferli ættu þurrkaðar fiskafurðir að hafa a_w í kringum 0.6. Almennt kemur $a_w < 0.85$ í veg fyrir vöxt allra sjúkdómsvaldandi örvera og eiturefna [48].

Hægt er að flokka tegundir þurrkunaraðferða í hitaþurrkun, osmósu og vélræna þurrkun á grundvelli vökvatækninnar [48]. Hitaþurrkun má frekar flokka í loftþurrkun, lág loftþurrkun og þurrkun á breyttu andrúmslofti. Osmósu þurrkun er framkvæmd með því að bæta við leysi, til dæmis saltlausn sem leiðir til fjarlægingar vatns fyrir tilstilli styrkmismunar. Í vélrænni þurrkun er vatn fjarlægð með líkamlegu afli, eins og tromma eða stimpil, sem veldur þrýstingi á efnið. Fyrir matvæli og fóðurvörur er hitaþurrkun algengust. Gangna og frostþurrkun eru dæmi um varmaþurrkun fyrir fiskafurðir.

4.3.1 Gangnaþurrkun

Gangnaþurrkun er eins konar lágþurrkunaraðferð með stöðugri þurrkun vöru. Hráefnið er á annarri hlið gangnaþurrkarans, sýnt á mynd 6, og fullunnu þurrkuðu vörunni er safnað saman í hinum endanum. gangnaþurrkun er gagnleg vegna auðstýranlegs þurrkunarferlis og getu til að þurrka mikið magn af efnum. Aðferðin er hins vegar tímafrek og hentar ekki hitaþolnum efnum. Stofnfisk má framleiða með gangnaþurrkun. Í rannsókn sem rannsakaði ákjósanleg þurrkunarskilyrði stofnfisks kom í ljós að þurrkunarhraði stofnfisks varð fyrir áhrifum af breytunum hita og raka í gangnaþurrkara og hafði auk þess smærri fiskura (1,5 kg) hærra þurrkunartíðni (50 klst.) en stærri fiskur (4,5 kg, 75 klst.) [49].



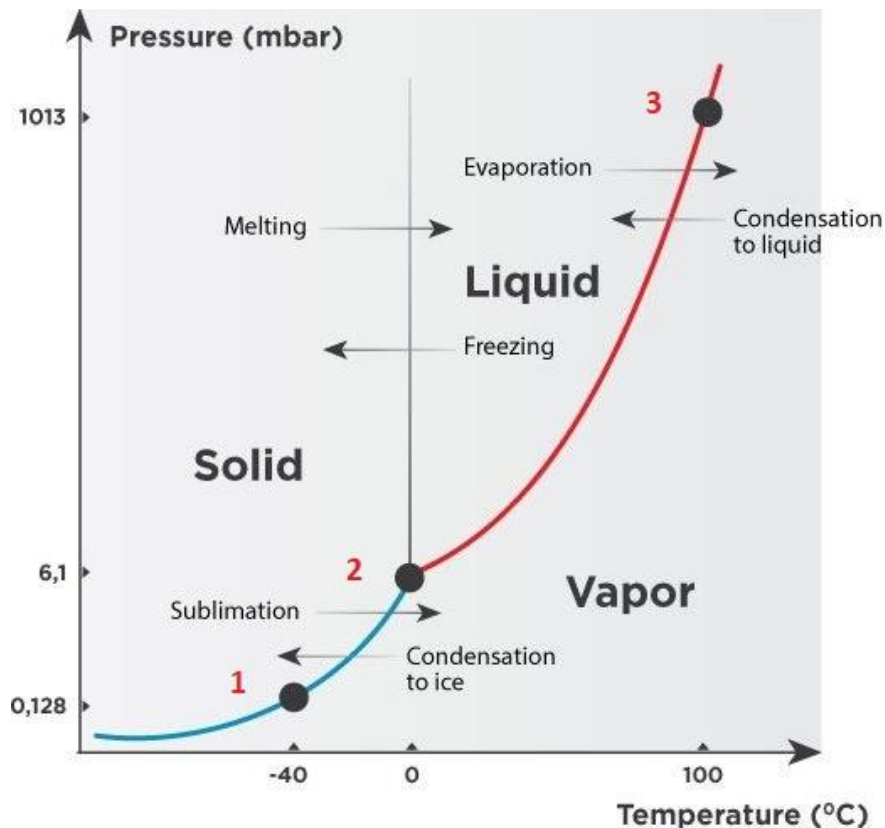
Mynd 6. Meginregla gangnaþurrkunarkerfis [49].

4.3.2 Frostþurrkun

Í frostþurrkun, einnig kölluð frostþurrkun, er vatn í formi íss fjarlægt úr efni undir lágþrýstingi sem gefur nánast lofttæmi og lághitaskilyrði [50]. Skortur á lofti og lágt hitastig kemur í veg fyrir oxun og gerir það að verkum að hitaviðkvæmir hlutir, svo sem vítamín, sýklalyf og örverurækt, varðveitast [48]. Þó gerir mikil orkunotkun og tímafrekt ferli frostþurrkunarferlið dýrt til notkunar í atvinnuskyni og takmarkar aðferðina til að fá aðallega hágæða þurrkaðar vörur.

Frostþurrkaðar vörur eru unnar í gegnum þrjú meginþrep hráefnis; 1) frýstingu, 2) frumþurrkun og 3) viðbótarþurrkun [50]. Að auki breytist efnið í þrjá fasa meðan á ferlinu standur, sýnt á fasamynd á mynd 7.

1. Fyrsta stigið felst í frýstingu hráefnisins. Þetta stig er mikilvægt fyrir gæði lokaafurða frostþurrkuðu vörunnar, þar sem efnið verður að vera alveg frosið fyrir næstu tvo þurrkunarfasa. Að auki þarf að stilla frýstingarhlutfallið út frá efnisgerð lokaafurðarinnar og æskilegum eiginleikum. Við frýstingu kristallast vatnssameindirnar í ískristalla af mismunandi stærð. Hægt er að fá meiri fjölda ískristalla með smærri stærðum við hærri frosthraða; á móti myndast stærri og færri kristallar. Minni ískristallar gefa lítið viðnám gegn massaflutningi og eru gagnlegir fyrir tímahagkvæma þurrkun.
2. Í frumþurrkun breytist ís í gufu, sem kallast ísundirlimun. Þetta skref hefur mikinn þurrkunarhraða þar sem innihald lausa vatnsins er fjarlægt. Undirlimun á sér stað frá yfirborði vörunnar við þrýstingslækkun í frýstiþurrkaranum. Aðalþurrkunarstigið fer eftir hitastyrk og þrýstingi frýstihólsins.
3. Annað þurrkunarþrepið er kallað afsogsþurrkun. Vatn sem er bundið fæðunni er fjarlægt. Þetta er orkufrekasta stigið í frostþurrkun.



Mynd 7. Þetta fasarit vatns sýnir meginreglu undirlimunar (labogene.com).

5 Pökkun

Undanfarin ár hefur orðið aukning í notkun mismunandi umbúðafna og breyting hefur orðið á því hvernig þau eru notuð miðað við aðal pökkunarhlutverk þeirra. Breytingin hefur verið hröð og umfangsmikil í átt að notkun þar sem efni hafa margvíslega eiginleika. Þessir nýju eiginleikar eru allt frá því að efnið virkar sem hindrun gegn lofttegundum, vatni og bragði til að auka geymsluþol vörunnar yfir í að bæta þætti sem tengjast þægindum notenda [51]. Umbúðir þykja sérstaklega mikilvægar í sjávarfangi þar sem afurðir úr fiski eru mjög viðkvæmar og viðhalda þarf góðri varðveislu til að gæði og öryggi vörunnar haldist á æskilegu stigi í geymsluferlinu. Mismunandi pökkunaraðferðir hafa áhrif á gæðastærðir eins og dropatap, lit, lykt, þránun og geymsluþol. Það er líka mikilvægt að hafa í huga að gæði pakkaðrar vöru mun aldrei fara yfir gæði vörunnar áður en henni er pakkað. Þar að auki verðum við að greina á milli þarfa í forvinnslu virðiskeðjunnar og eftir að BARF er framleitt.

5.1 Pökkunarlausnir fyrir vannýtt fiskmeti (áður en það fer í BARF vinnslu)

Íhuga verður nokkrar pökkunaraðferðir, allt eftir tiltækri tækni fyrir vinnslu um borð. Fyrir smærri skip sem ekki hafa möguleika á frystingu er rétt kæling skylda. Magnpakkingar í ílátum (ísgruggi eða blautum ís) eða á ís í stækkuðum pólýstýren (EPS) öskjum geta verið góðir kostir. Hins vegar þarf að hagræða afkastagetu skipsins til að takast á við aðalafla og vannýtt fiskmeti. Fyrir stærri skip, sem hafa möguleika á að frysta, koma aðrar þarfir upp. Besti pökkunarmöguleikinn fyrir blokkfrosið vannýtt fiskmeti er bylgjupappi með einu eða tvöföldu pólýetýlen (PE) lagi sem raka- og gasvörn. Þrátt fyrir þónokkra gashindrunareiginleika PE er það mest notaða hindrunarefnið ásamt pappa vegna lágs verðs, rofnunarpöls

og rakapols [52]. Rakapol umbúðafna er einnig nauðsynlegt til að viðhalda gæðum með því að draga úr endurkristöllum og hrímmyndun.

Önnur stefna er að innleiða virkar umbúðir til að bæta geymslupól og öryggi fargsins. Annar valkostur við magngeymslu á kældu brottkasti er að geyma fiskinn annað hvort í koltvísýringi (CO₂)-mettuð RSW kerfi eða í lokuðum sveigjanlegum ílátum sem nota mikið magn af CO₂. Bakteríudrepandi áhrif hafa sterka fylgni við magn uppleysts CO₂ [53], og sjúkdómsvaldar eins og *Listeria* spp gæti verið hamlað við mikla mettun [54]. Hins vegar til að fá svo hátt CO₂ gildi, þarf að beita öðrum aðferðum en hefðbundnum gasumbúðum, t.d. Soluble Gas Stabilization (SGS) [55].

5.2 Pökkunarlausnir fyrir BARF vörur

BARF vörum væri annað hvort hægt að dreifa ferskum, frosnum eða stöðugum með þurrkun, og fer val á umbúðalausn eftir því hvaða leið er farin. Fyrir ferskar vörur væri lausn sem heldur framúrskarandi geymslupóli nauðsynleg. Þar kæmu til greina gasumbúðir (sem vísað er til sem breyttar umbúðir (MAP)). Í þessari umbúðahugmynd er andrúmsloftinu í pakkningunni breytt til að veita vörunni heppilegri aðstæður. Meginreglan er að skipta út lofti fyrir aðra gasblöndu (almennt CO₂, N₂ og eða O₂), sem er mismunandi eftir vöru, og innsigla síðan pakkann), gasumbúðir í formi SGS [55], eða lausn sem inniheldur aðrar virkar pökkunaraðferðir. Eins og athugun Ahmed, Lin [56] sýndi, þá eru virkar umbúðir hugtak þar sem hlutar eru felldir inn í umbúðafnið eða pakkann. Það er samspil á milli hluts/pakkninga, matvæla og umhverfis til að ná tilætluðum árangri fyrir vöruna. Þessar væntu niðurstöður gætu aukið geymslupól vörunnar á sama tíma og almennt markmið um gæði og öryggi vörunnar er viðhaldið. Virkum umbúðum er skipt í tvö kerfi: hreinsun og losun. Hreinsunarkerfin eru venjulega knúin áfram af frásogi, gleypa mengunarefni sem geta flýtt fyrir skemmdum á vöru eins og súrefni, lykt eða raka. Losunarkerfi gefa venjulega út eða gefa frá sér ákveðin efnasambönd í pakkann, eins og koltvísýring, andoxunarefni eða sýkladreypandi efni.

Fyrir dreifingu á frystum BARF vörum er tómarúmpökkunarlausn sem er besti kosturinn. Vacuum packaging (VP) er tækni þar sem loftið í pakkanum er fjarlægð fyrir lokun. Tilgangur þessarar umbúðatækni er að fjarlægja súrefni sem hindrar útbreiðslu loftháðra skemmda baktería og það mun draga úr oxunarstigi vörunnar. Þetta er gert með því að koma umbúðafninu í heildaryfirborðssnertingu við pakkaða vöruna. Mikilvægur kostur við VP er að pakkningarúmmálið er nánast það sama og vörumagnið [51] og að það er oft talið besti kosturinn fyrir frosnar vörur vegna hindrunareiginleika pólýamíð (PA)/PE efna sem oft eru notuð og skorts á „dauðu rúmmáli“ inni í pakkningunni.

Pökkun á þurrkuðum vörum þarfnast enn betri umbúðafna sem bjóða upp á framúrskarandi gashindranir. Þurrkaðar vörur, sérstaklega þær sem eru frostþurrkaðar, eru viðkvæmar fyrir oxun, ein af takmarkandi breytum fyrir geymslupól sjávarhráefna almennt. Til að takast á við þessa áskorun er tómarúmlausn notuð oft ásamt efnum með mikla súrefnishindranir. Nokkur hentug efni sem hægt væri að nota eru dæmigerðar fjöllaga lausnir sem samanstanda af td PP/EVOH/PP, PA/PE/EVOH/PE, PE/EVOH/PE, PP/EVOH/PE og PET/MET-PET/PE, þar sem EVOH stendur fyrir etýlen vínýl alkóhól, PET fyrir pólýetýlen tereftalat og MET-PET fyrir málmað (t.d. ál)-PET.

Hugtök

Heimild: <https://en.wikipedia.org>

Sjálfsmettun (e. autolysis)

Í líffræði vísar sjálfsmettun, oftast þekkt sem sjálfmelting, til eyðingar frumu með virkni hennar eigin ensíma. Það getur líka átt við meltingu ensíms með annarri sameind sama ensíms.

Innræni (e. endogeny)

Innræn efni og ferli eiga uppruna sinn í lifandi kerfi, svo sem lífveru, vefjum eða frumum. Aftur á móti eru utanaðkomandi efni og ferli þau sem koma utan frá lífveru.

Glýkólýsa (e. glycolysis)

Glýkólýsa er efnaskiptaferillinn sem breytir glúkósa ($C_6H_{12}O_6$) í pyruvat og í flestum lífverum gerist það í fljóttandi hluta frumna, frumu. Frjálsa orkan sem losnar í þessu ferli myndar háorkusameindirnar adenósínþrífosfat (ATP) og minnkað níkótínamíð adenínínúkleótíð (NADH). Glýkólýsa er röð af tíu viðbrögðum sem hvötuð eru af innrænum ensímum.

Efnaskipti (e. metabolism)

Efnaskipti eru mengi lífsviðhaldandi efnahvarfa í lífverum. Þrjár meginhlutverk efnaskipta eru að breyta orkunni í matnum í þá orku sem er tiltæk til að keyra frumuferli; umbreyta mat í byggingareiningar fyrir prótein, lípíð, kjarnsýrur og sum kolvetni; og útrýma efnaskiptaúrgangi.

Útvarmaferli (e. exothermic process)

Í varmafræði er útvarmaferli hitaaflifræðilegt ferli eða hvarf sem losar orku frá kerfinu til umhverfisins, venjulega í formi hita en einnig í formi ljóss (t.d. neisti, logi eða blissa), rafmagns (t.d., rafhlaða), eða hljóð (t.d. sprenging sem heyrir þegar brennt er vetni).

Gerjun (e. fermentation)

Gerjun er efnaskiptaferli sem framkallar efnafræðilegar breytingar á lífrænum efnum með verkun ensíma. Í lífefnafræði er það þröngt skilgreint sem orkuvinnsla úr kolvetnum án súrefnis. Í matvælaframleiðslu getur það vísað til hvers kyns ferlis þar sem virkni örvera veldur æskilegri breytingu á matvælum eða drykk.

Lífvarðveisla (e. biopreservation)

Lífvarðveisla er notkun náttúrulegra eða stýrðra örvera eða sýkladrepana efna sem leið til að varðveita mat og lengja geymsluþol þeirra. Lífvarðveisla matvæla, sérstaklega með því að nota mjólkursýrubakteríur (LAB) sem hamla matarskemmdum örverum, hefur verið stunduð frá örófi alda, fyrst ómeðvitað en að lokum með sífellt sterkari vísindalegum grunni.

Heimildir

1. Abraha, B., et al., *Effect of processing methods on the nutritional and physico-chemical composition of fish: a review*. MOJ Food Processing & Technology, 2018.
2. Molina-Vega, M., A.M. Gómez-Pérez, and F.J. Tinahones, *Chapter 25 - Fish in the Mediterranean diet*, in *The Mediterranean Diet (Second Edition)*, V.R. Preedy and R.R. Watson, Editors. 2020, Academic Press. p. 275-284.
3. Korkmaz, C., et al., *Composition and human health risk analysis of elements in muscle tissues of wild and farmed fish species from Northeast Mediterranean*. Journal of Food Composition and Analysis, 2022. **111**: p. 104606.
4. Speranza, B., et al., *Innovative Preservation Methods Improving the Quality and Safety of Fish Products: Beneficial Effects and Limits*. Foods, 2021. **10**(11): p. 2854.
5. Ryder, J., K. Iddya, and L. Ababouch, *Assessment and management of seafood safety and quality: Current practices and emerging issues.*, in *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. 2014.
6. Hong, H., J. Regenstein, and Y. Luo, *The Importance of ATP-related Compounds for the Freshness and Flavor of Post-mortem Fish and Shellfish Muscle: A Review*. Vol. 57. 2017. 1787-1798.
7. Delbarre-Ladrat, C., et al., *Trends in Postmortem Aging in Fish: Understanding of Proteolysis and Disorganization of the Myofibrillar Structure*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2006. **46**(5): p. 409-421.
8. Huss, H.H., *Quality and quality changes in fresh fish*, in *FAO FISHERIES TECHNICAL PAPER - 348*. 1995, FAO: Rome, Italy.
9. Bozaris, I.S. and F.F. Parlapani, *Specific Spoilage Organisms (SSOs) in Fish*, in *The Microbiological Quality of Food*, A. Bevilacqua, M.R. Corbo, and M. Sinigaglia, Editors. 2017, Woodhead Publishing. p. 61-98.
10. Gram, L. and H.H. Huss, *Microbiological spoilage of fish and fish products*. Int J Food Microbiol, 1996. **33**(1): p. 121-37.
11. Secci, G. and G. Parisi, *From farm to fork: lipid oxidation in fish products. A review*. Italian Journal of Animal Science, 2016. **15**(1): p. 124-136.
12. Maeda, E.E., et al., *A Bayesian model of fisheries discards with flexible structure and priors defined by experts*. Ecological Modelling, 2017. **366**: p. 1-14.
13. Kelleher, K., *Discards in the world's marine fisheries*, in *FAO FISHERIES TECHNICAL PAPER*. 2005.
14. Catchpole, T.L., C.L.J. Frid, and T.S. Gray, *Discards in North Sea fisheries: causes, consequences and solutions*. Marine Policy, 2005. **29**(5): p. 421-430.
15. Feekings, J., et al., *Fishery Discards: Factors Affecting Their Variability within a Demersal Trawl Fishery*. PLOS ONE, 2012. **7**(4): p. e36409.
16. Johnsen, J.P. and S. Eliassen, *Solving complex fisheries management problems: What the EU can learn from the Nordic experiences of reduction of discards*. Marine Policy, 2011. **35**(2): p. 130-139.
17. Tsagarakis, K., A. Palialexis, and V. Vassilopoulou, *Mediterranean fishery discards: review of the existing knowledge*. ICES Journal of Marine Science, 2014. **71**(5): p. 1219-1234.
18. UNEP, *TEAP TF-XXVII-4 Report; annex 2*. 2016.
19. UNEP, *Cold chain technology Brief - Fishing vessel application*. 2017, International Institute of Refrigeration: Paris, France.
20. Ruize, V., *Analysis of existing refrigeration plants on-board fishing vessels and improvement opportunities*, in *Second International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency E-Fishing*. 2012: Vigo, Spain.
21. EC, *Work on board fishing vessels*. 1993.

22. Fagerlund, A., et al., *Listeria Monocytogenes Biofilm Removal Using Different Commercial Cleaning Agents*. *Molecules*, 2020. **25**(4): p. 792.
23. Eliasson, S., et al., *Onboard pre-chilling of ungutted and gutted Atlantic cod in different cooling media -Temperature measurements and analytical modelling*. *International Journal of Refrigeration*, 2021. **132**: p. 72-81.
24. Nordtvedt, T.S. and K.N. Widell, *Refrigeration and sustainability in the seafood cold chain*. 2020, SINTEF Ocean: Trondheim.
25. Shawyer, M. and A.F.M. Pizzali, *The use of ice on small fishing vessels*, in *FAO Fisheries technical papers*. 2003, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS: Rome.
26. Magnussen, O.M., et al., *Advances in superchilling of food – Process characteristics and product quality*. *Trends in Food Science & Technology*, 2008. **19**(8): p. 418-424.
27. Duun, A.S. and T. Rustad, *Quality changes during superchilled storage of cod (Gadus morhua) fillets*. *Food Chemistry*, 2007. **105**(3): p. 1067-1075.
28. Jessen, F., J. Nielsen, and E. Larsen, *Chilling and freezing of fish*, in *Seafood Processing: Technology, quality and safety*, I.S. Bozaris, Editor. 2014, Wiley-Blackwell.
29. Kaale, L.D., et al., *Superchilling of food: A review*. *Journal of Food Engineering*, 2011. **107**(2): p. 141-146.
30. Duun, A.S. and T. Rustad, *Quality of superchilled vacuum packed Atlantic salmon (Salmo salar) fillets stored at -1.4 and -3.6°C*. *Food Chemistry*, 2008. **106**(1): p. 122-131.
31. Piñeiro, C., J. Barros-Velázquez, and S.P. Aubourg, *Effects of newer slurry ice systems on the quality of aquatic food products: a comparative review versus flake-ice chilling methods*. *Trends in Food Science & Technology*, 2004. **15**(12): p. 575-582.
32. Salvadori, V.O. and R.H. Mascheroni, *Analysis of impingement freezers performance*. *Journal of Food Engineering*, 2002. **54**(2): p. 133-140.
33. Tan, M., J. Mei, and J. Xie, *The formation and control of ice crystal and its impact on the quality of frozen aquatic products: A Review*. *Crystals*, 2021. **11**: p. 68.
34. Gokoglu, N. and P. Yerlykaya, *Chapter 8- Freezing and frozen storage of fish*, in *Seafood Chilling, Refrigeration and Freezing: Science and Technology*. 2015, John Wiley & Sons, Ltd: USA. p. 186-203.
35. Haugland, A., *Industrial thawing of fish: to improve quality, yield and capacity*, in *Department of Energy and Process Engineering*. 2002, Norwegian University of Science and Technology.
36. Nakazawa, N. and E. Okazaki, *Recent research on factors influencing the quality of frozen seafood*. *Fisheries Science*, 2020. **86**(2): p. 231-244.
37. Rahman, M.S., *Hurdle Technology in Food Preservation*, in *Minimally Processed Foods: Technologies for Safety, Quality, and Convenience*, M.W. Siddiqui and M.S. Rahman, Editors. 2015, Springer International Publishing: Cham. p. 17-33.
38. Abel, N., B.T. Rotabakk, and J. Lerfall, *Mild processing of seafood—A review*. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2022. **21**(1): p. 340-370.
39. Grześkowiak, Ł., et al., *Microbiota and probiotics in canine and feline welfare*. *Anaerobe*, 2015. **34**: p. 14-23.
40. Rathod, N.B., et al., *Antimicrobial Impacts of Microbial Metabolites on the Preservation of Fish and Fishery Products: A Review with Current Knowledge*. *Microorganisms*, 2022. **10**(4): p. 773.
41. Stupar, J., et al., *Diversity and Antimicrobial Activity towards Listeria spp. and Escherichia coli among Lactic Acid Bacteria Isolated from Ready-to-Eat Seafood*. *Foods*, 2021. **10**(2): p. 271.
42. Ghanbari, M., et al., *Seafood biopreservation by lactic acid bacteria – A review*. *LWT - Food Science and Technology*, 2013. **54**(2): p. 315-324.

43. Barcenilla, C., et al., *Application of lactic acid bacteria for the biopreservation of meat products: A systematic review*. Meat Science, 2022. **183**: p. 108661.
44. Wiernasz, N., et al., *Lactic Acid Bacteria Selection for Biopreservation as a Part of Hurdle Technology Approach Applied on Seafood*. Frontiers in Marine Science, 2017. **4**(119).
45. MacDonald, R. and C. Reitmeier, *Chapter 6 - Food Processing*, in *Understanding Food Systems*, R. MacDonald and C. Reitmeier, Editors. 2017, Academic Press. p. 179-225.
46. Anyasi, T., et al., *Application of organic acids in food preservation*. Organic Acids, Characteristics, Properties and Synthesis; Vargas, C., Ed, 2017: p. 1-47.
47. Abdelmohsen, U.R., A.M. Sayed, and A.H. Elmaidomy, *Natural Products' Extraction and Isolation-Between Conventional and Modern Techniques*. Frontiers in Natural Products, 2022. **1**.
48. Rahman, M.S. and C.O. Perera, *Drying and Food Preservation*, in *Handbook of food preservation*, R.M. S, Editor. 2002, CRC Press. p. 403-433.
49. Clausen, I.C. and O.M. Magnussen, *Optimal klippfisktørking*. 2008, SINTEF Energiforskning AS.
50. Nowak, D. and E. Jakubczyk, *The Freeze-Drying of Foods—The Characteristic of the Process Course and the Effect of Its Parameters on the Physical Properties of Food Materials*. Foods, 2020. **9**(10): p. 1488.
51. Koutsoumanis, K., et al., *The use of the so-called 'superchilling' technique for the transport of fresh fishery products*. EFSA Journal, 2021. **19**(1): p. 06378.
52. Sangroniz, A., et al., *Packaging materials with desired mechanical and barrier properties and full chemical recyclability*. Nature Communications, 2019. **10**(1): p. 3559.
53. Devlieghere, F., J. Debevere, and J.F. van Impe, *Concentration of carbon dioxide in the water-phase as a parameter to model the effect of a modified atmosphere on microorganisms*. International Journal of Food Microbiology, 1998. **43**(1): p. 105-113.
54. Abel, N., B.T. Rotabakk, and J. Lerfall, *Effect of heat treatment and packaging technology on the microbial load of lightly processed seafood*. LWT, 2019. **101**: p. 123-129.
55. Esmaeilian, S., et al., *The use of soluble gas stabilization technology on food – A review*. Trends in Food Science & Technology, 2021. **118**: p. 154-166.
56. Ahmed, I., et al., *A comprehensive review on the application of active packaging technologies to muscle foods*. Food Control, 2017. **82**: p. 163-178.