

3 MODULIS: INOVATYVUS NEPANAUDOTŲ ŽUVŲ PERDIRBIMAS Į BARF

Sukūrė:

Prof. Jørgen Lerfall,
MSc Sine Marie Moen Kobbenes,
ir doc. Anita Nordeng Jakobsen

NTNU - Norvegijos mokslo ir technologijos universitetas, Biotechnologijos ir maisto mokslo
katedra, Trondheimas, Norvegija

Turinys

Santrauka	1
1 Nepanaudota žuvis - savybės ir stabilumas	2
1.1 Maistinė sudėtis ir mikroelementai	2
1.2 Žuvų gedimas: autolitiniai, mikrobiniai ir cheminiai pokyčiai	2
1.2.1 Fermentinė autolizė	2
1.2.2 Mikroorganizmų augimas ir metabolizmas	4
1.2.3 Oksidacijos reakcijos	4
1.3 Saugos iššūkiai	5
2 Gaudymo technologija ir tvarkymas laive	5
2.1 Higieniškas projektavimas ir valymo procedūros	6
2.2 Atvėsimo ir užšaldymo laive sistemos	6
2.2.1 Visiškas ir dalinis atšaldymas	7
2.2.2 Šaldymo technologija	7
2.2.3 Šaldytų nepageidaujamų žuvų atšildymas	9
2.3 Nepageidaujamų žuvų fermentavimas laive	9
2.4 Parūgštinimas laive	9
3 Inovatyvios apdorojimo koncepcijos	10
3.1 Kliūčių koncepcija	10
3.2 Švelnaus apdorojimo technologijos	10
4 BARF apdorojimo technologijos	11
4.1 Fermentacija ir biologinis konservavimas	11
4.2 Priedai	13
4.2.1 Organinės rūgštys	13
4.2.2 Natūralūs ekstraktai	14
4.3 Džiovinimas ir džiovinimas šalčiu	14
4.3.1 Džiovinimas tunelyje	15
4.3.2 Džiovinimas šalčiu (liofilizacija)	15
5 Pakavimas	16
5.1 Nepageidaujamos žuvies pakavimo sprendimai (prieš patenkant į BARF perdirbimo įmonę) ...	17
5.2 BARF produktų pakavimo sprendimai	17
Terminologija	19

Literatūra	20
------------------	----

Santrauka

Nepanaudotų žuvų pritaikymas biologiškai tinkamam žaliam ėdalui (BARF) gaminti labai priklauso nuo žaliavų kokybės, stabilumo, saugos ir mitybos profilio. Šiame modulyje pateikiama tvarkymo procedūrų, strategijų ir technologijų, skirtų šiems parametrams palaikyti ar tobulinti, apžvalga. Modulis suskirstytas į penkis skyrius pagal žaliavų (nepanaudotos žuvies) vertės grandinę nuo sugavimo iki vertingos žaliavos BARF gamybai. Pirma, trumpai aptariamos žaliavų savybės ir stabilumas. Šioje dalyje aptariami maistinės sudėties, gedimo ir saugos klausimai. Antra, pateikiami klausimai, susiję su gaudymo technologijomis ir tvarkimu laive bei kaip pagerinti šiuos parametrus. Šiame skirsnyje pabrėžiama tinkamų atvėsavimo ir atvėsavimo sistemų svarba siekiant išlaikyti žaliavų kokybę. Trečiame ir ketvirtame skyriuose aptariamos perdirbimo koncepcijos, kuriomis didinamos žaliavos ir galutinio produkto kokybė bei stabilumas. Trečiame skyriuje aptariamos naujos sąvokos, įskaitant kliūčių principų įgyvendinimą. BARF gamybos komercinis technologinis pritaikymas pateiktas ketvirtame skyriuje. Galiausiai penktame skyriuje pristatomos visos vertės grandinės pakavimo koncepcijos, kuriose aptariamos birių produktų sąvokos, kurios gali būti naudojamos platinant žaliavą (nepanaudojama žuvis), taip pat vartotojams palankios galutinio BARF produkto platinimo koncepcijos.

1 Nepanaudota žuvis - savybės ir stabilumas

1.1 Maistinė sudėtis ir mikroelementai

Žuvis yra baltymų ir sveikų lipidų šaltinis, taip pat unikalus pagrindinių maistinių medžiagų šaltinis. Sudėtis skirtingose rūšyse skiriasi, o riebioms žuvims dėl maistinių medžiagų ir neršto būdingi dideli sezoniniai svyravimai. Tačiau žuvis paprastai sudaro 70–84 % vandens, 15–24 % baltymų, 0,1–22 % riebalų ir 1–2 % mineralų bei 0,1–1 % angliavandenių [1]. Jūrų žuvų rūšyse yra daug polinesočiųjų riebalų rūgščių (PUFA), t. y. EPR (eikozapentaeno rūgštis) ir DHR (dokozaheksaeno rūgštis), kurios yra būtinos gyvūnų sveikatai ir tinkamam jauniklių augimui.

Be puikios baltymų ir lipidų pasiskirstymo, žuvyje yra mineralų, tokių kaip jodas, kalcis, geležis, cinkas, selenas arba fosforas ir vitaminai B, D, A ir K [2]. Žuvų baltymai laikomi lengvai virškinamais ir juose yra visų būtinų aminorūgščių. Nors žuvies vartojimas turi daug privalumų, ji taip pat yra cheminių ir maistinių teršalų šaltinis. Riebiosios žuvys kaupia sunkiuosius metalus, teršalus ir maistines medžiagas, kurios gali kelti susirūpinimą. Tačiau teršalų lygis dažnai yra žemas; tik užterštose teritorijose ir esant tam tikroms sąlygoms nustatytos vertės yra didesnės už didžiausias leistinas ribas. Vienas iš šiaurės rytų Viduržemio jūros regione išryškėjusių rizikos veiksnių yra arseno (As) kiekis laimikyje [3]. Nepaisant tam tikros rizikos, susijusios su žuvies vartojimu, ją gerokai nusveria nauda [2].

1.2 Žuvų gedimas: autolitiniai, mikrobiniai ir cheminiai pokyčiai

Žuvų kokybė prarandama visoje vertės grandinėje – gaudymo, perdirbimo, platinimo ir sandėliavimo metu. Žuvų žaliava yra labai greitai gendanti dėl didelio post-mortem pH ir maistinių medžiagų kiekio, palaikančio mikrobiologinį augimą. Žuvų gedimas grindžiamas trimis mechanizmais: 1) post-mortem fermentine autolize, 2) mikrobų augimu ir metabolizmu bei 3) oksidacijos reakcijomis [4, 5].

1.2.1 Fermentinė autolizė

Nugaišimo metu pradinį žuvų šviežumo praradimą sukelia autolitinės reakcijos, kurias katalizuoja endogeniniai fermentai (1 lentelė). Dėl post mortem glikolizės kaupiasi pieno rūgštis, kuri mažina raumenų pH. Lygis taip pat priklauso nuo glikogeno kiekio audinyje mirties metu, taip pat nuo žuvų rūšies. Stresą patiriančioms žuvims būdingas žemas lygis ir tai sumažins pH. Be to, adenosino trifosfato (ATP), ląstelės "energijos valiutos", autolitinis skilimas yra vienas iš pirmųjų autolitinių pokyčių, įvykusių po žuvų žūties, dėl kurio susidaro fermentinių reakcijų ir ATP skilimo produktų kaskada, supaprastintas ATP → adenosino difosfatas (ADP) → adenosino monofosfatas (AMP) → inozino monofosfatas (IMP) → inozinas (HxR) → hipoksantinas (Hx) [6]. IMP degradacija yra susijusi su šviežumo praradimu, o ypač Hx yra susijęs su žuvų gedimu.

Autolitiniai procesai taip pat apima proteolitinės reakcijas, kuriose baltymai suskaidomi į peptidus ir laisvas aminorūgštis. Proteolitinės reakcijos sukelia minkštėjimą ir tekstūrinius žuvų audinio pokyčius [7]. Proteazių, prisidedančių prie žuvų audinių blogėjimo, pavyzdžiai yra katepsinai, kalpainai ir kolagenazės.

1 lentelė. Autolitiniai, mikrobiniai ir oksidaciniai pokyčiai atšaldytose žuvyse (pagal Speranza, Racioppo)

Žuvų gedimo rūšis	Sukelia	Pokyčiai
Endogeninis (autolizė)	Glikolitiniai fermentai	Pieno rūgšties gamyba, audinių pH kritimas, vandens sulaikymo pajėgumo praradimas raumenyse. Dėl aukštos temperatūros gali atsirasti įdubimai.
	Efermentai, dalyvaujantys nukleotidų skaidyme	Šviežios žuvies skonio praradimas, laipsniškas kartumo atsiradimas dėlhipoksantino (Hx) (vėlesni etapai)
	Katepsinai	Audinių minkštėjimas, apsunkinantis arba darantis neįmanomu apdorojimą
	Chimotripsinas, tripsinas, karboksipeptidazės	Pelaginių žuvų visceralinės ertmės autolizė (pilvo pūtimas)
	Kalpainsas	Minkštėjimas, pelėsio sukeltas minkštėjimas vėžiagyviuose
	Kolagenazės	«įdubos» arba filė minkštėjimas
	TMAO demetilazė	Formaldehido sukeltas šaldytų gadoidinių žuvų sukietėjimas
	Bendras endogeninis aktyvumas	Spalvos pasikeitimas (juodas, gelstanti, rusvėjanti, blunkanti) ir hidrolizinė oksidacija (laisvųjų riebalų rūgščių kaupimasis)
Mikrobinis	<i>Shewanella</i> ^a	TMA, sieros vandenilio junginiai, H _x
	<i>Pseudomonas</i> spp.	NH ₃ , esteriai ir sieros junginiai, bet ne H ₂ S
	<i>Photobacterium phosphoreum</i> ^b	TMA, esteriai, alkoholiai, ketonai, biogeniniai aminai
	Pieno rūgšties bakterijos (PRB) ir <i>brochotrix thermosphacta</i> ^c	Acto rūgštis, NH ₃ , tiraminas, acetoinas, diacetilas, H ₂ S
	<i>Aeromonas</i> spp., <i>Vibrio</i> spp., <i>Photobacterium</i> spp., <i>Enterobacteriaceae</i> ^d	TMA, sieros junginiai, biogeniniai aminai
	PRB, ir <i>brochotrix thermosphacta</i> ^e	Acto rūgštis, NH ₃ , tiraminas, acetoinas, diacetilas, sieros junginiai
	Mikroorganizmų augimas, bendras mikrobinis fermentinis aktyvumas	Sultingumo praradimas, stangri tekstūra, spalvos pasikeitimas, laisvųjų riebalų rūgščių kaupimasis
Cheminis	Oksidacinis apkartimas	Apkartęs skonis ir kvapas, tekstūros pokyčiai
	Nefermentinė oksidacija	Spalvos praradimas

[4], Huss [8], Boziaris ir Parlapani [9])

^a H₂S-gamina *Shewanella*

^b TMA būdinga rūšims, gyvenančioms jūriniame vandenyje, kaip temperatūra žemesnė negu 15°C

^c Šiltavandinės rūšys, ypač tos, kurių TMAO yra mažas arba visai nėra TMAO

^d Švieži ir lengvai konservuojami produktai, laikomi aplinkos temperatūroje

^e Lengvai konservuoti ir atvėsinti produktai

1.2.2 Mikroorganizmų augimas ir metabolizmas

Mikroorganizmai yra pagrindinė žuvų gedimo priežastis. Žuvų vietinė mikrobiota yra natūraliai atsirandantys žuvų odos, žiaunų ir virškinamojo trakto mikroorganizmai. Šviežių jūros gėrybių vietinės mikrobiotos sudėčiai įtakos turi geografinė kilmė, vandens sudėtis ir temperatūra, rūšių tipas ir gaudymo būdai. Vidutinio klimato ar šilto vandens žuvyse yra aerobinių arba fakultatyvinių aerobinių mezofilinių gramneigiamų (*Pseudomonas* spp., *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, *Xanthomonas* ir *Vibrio*) ir gramteigiamų bakterijų rūšių (*Bacillus*, *Corynebacterium*, *Micrococcus* ir *Lactobacillus*). Šaltame vandenyje vyrauja psichrofiliniai ir psichrotrofiniai gramneigiami mikroorganizmai, tokie kaip *Photobacterium*, *Shewanella*, *Psychrobacter* ir *Pseudomonas*. Tačiau taip pat dažnai pranešama apie keletą gramteigiamų genčių [9]. Egzogeninė mikrobiota atsiranda dėl galimo taršos po žvejybos, tvarkant laive ir visoje grandinėje. Mikrobu gyvybingumo trukmei įtakos turi keletas veiksnių, pvz., gaudymo metodai, aplinkos sąlygos žūklės vietoje, žuvų rūšis, tvarkymo laive ir higienos sąlygos, taip pat tolesnio perdirbimo ir laikymo sąlygos. Temperatūros kontrolė visoje grandinėje yra labai svarbi siekiant slopinti mikrobu dauginimąsi žaliavoje [9].

Mikrobu metabolizmas lemia maistinių medžiagų irimą ir specifinių metabolitų gamybą, sukeldamas nemalonius ir nepriimtinius pašalinius skonus ir kvapą, spalvos pasikeitimą, gleivių susidarymą ir tekstūros pokyčius (1 lentelė) [4]. Šiuos metabolitus gamina ribotas skaičius mikrobu rūšių, dažnai vadinamų specifiniais gedimui būdingais mikroorganizmais [9].

Nemalonų "žuvies kvapą" dažnai sukelia trimetilaminas (TMA), atsirandantis žuvyse dėl trimetilamino oksido (TMAO) skilimo [10]. TMA pasižymi į amoniaką panašiomis nemaloniomis kvapiosiomis medžiagomis ir anaerobinėmis sąlygomis jį gamina specifinės gedimo bakterijos, tokios kaip *Shewanella putrefaciens*, *Aeromonas* spp., *Enterobacteriaceae*, *Photobacterium phosphoreum*, *Vibrio* spp., *Micrococcus*, *Acinetobacter* ir *Moraxella*. Kiti susidarantys junginiai, sukeliantys nemalonų kvapą, yra organinės rūgštys, alkoholiai, aldehydai, aminorai, ketonai, sulfidai, amoniakas ir sieros vandenilis (1 lentelė) [9].

Kiti biogeniniai aminorai pasigamina dėl mikrobu dekarboksilinimo, pvz., histaminas, putrescinas, kadaverinas, spermidinas ir sperminas. Endogeniniai fermentai taip pat gali gaminti biogeninius aminorus, tačiau aukščiau minėta mikrobiota gamina daugumą iš jų. Mikroorganizmai, dalyvaujantys histamino gamyboje, yra *P. phosphoreum*, *Enterobacteriaceae* ir *Pseudomonadaceae*.

1.2.3 Oksidacijos reakcijos

Žuvis yra turtingas polinesočiųjų riebalų rūgščių šaltinis, kuris, deja, yra labai jautrus skilimo procesams, tokiems kaip oksidacija. Oksidacijos procesai žuvyse pagreitėja, jei žaliava yra veikiamą aukštos temperatūros, oro (deguonies) ir UV spindulių [11]. Be to, intensyvus tvarkymas, pažeidžiantis raumenų membraną, gali sukelti lipidų frakcijos poveikį deguoniui, taigi ir oksidaciją. Oksidacijos procesai lemia apkartusį skonį. Apskritai, lipidų oksidacija yra ryškesnė maltoje žuvienoje nei nepažeistame raumenyje dėl didesnio lipidų ir deguonies sąlyčio paviršiaus. Kraujo pašalinimas yra griežtai susijęs su žuvų raumenų kokybės pablogėjimu, ypač lipidų oksidacija. Kraujas yra prooksidantas, o žaliavinę žuvų medžiagą galima stabilizuoti, kraują pašalinant laive [11]. Būtina atkreipti dėmesį į tai, kad skirtingos rūšys ir raumenų tipai skiriasi hemoglobino / mioglobino (aktyvių prooksidantų kraujyje) ir lipidų kiekiu, todėl jų jautrumas oksidacijai taip pat skiriasi. Oksidacijos procesai labai priklauso nuo temperatūros, o laikymas užšaldant labai žemoje temperatūroje (nuo -30 iki -40 °C) gali stabilizuoti žaliavą.

1.3 Saugos iššūkiai

Paprastai manoma, kad žuvų žaliavos mikrobiologinės ir cheminės taršos rizika gėlo vandens ir pakrančių juostose yra didesnė nei atvirose jūrose; tačiau biologinės ir cheminės saugos klausimai įvairiuose regionuose, buveinėse ir žuvų rūšyse skiriasi. Be to, skirtingose gamybos grandinėse jie skiriasi priklausomai nuo gamybos ir valdymo praktikos, įskaitant higieninius reikalavimus atitinkantį projektavimą ir valdymą. Biologės saugos higiena ir ES teisės aktai, susiję su nepanaudotos žuvies išmetimu į jūrą, žvejyba, perdirbimu ir galutiniais produktais, aptariami 5 modulyje.

2 Gaudymo technologija ir tvarkymas laive

Nepageidaujamas laimikis buvo vienas iš pagrindinių iššūkių žvejybos sektoriuje ir apibrėžiamas kaip ta laimikio dalis, kurios negalima parduoti dėl to, kad jo rinkos vertė yra maža arba jos visai nėra, arba dėl teisinių reikalavimų [12, 13]. Visi šie verslinės ir nekomercinės paskirties ištekliai, grąžinti į jūrą vykdant verslinės žvejybos operacijas, negyvi ar gyvi, vadinami išmetimu į jūrą [14]. Kaip pabrėžta [15], yra keletas išmetimo į jūrą priežasčių, įskaitant tai, kad kai kurie individai gali būti mažesni už teisės aktais nustatytą mažiausią išteklių išsaugojimą užtikrinantį orientacinį dydį, individai yra iš rūšių, kurių rinkos vertė yra maža arba jos visai nėra, jie yra pažeisti arba šios rūšies kvota yra pasiekta. Todėl reguliavimo požiūriu jis negali būti iškraunamas. Nors išmetimo į jūrą praktika gali būti siejama su socialinėmis, ekonominėmis ir teisinėmis priežastimis, viena iš pagrindinių priežasčių yra neselektyvių žvejybos technologijų naudojimas kartu su aplinkos veiksniais, turinčiais įtakos rūšių pasiskirstymui [16]. Išmetimo į jūrą problematiškumo laipsnis labai priklauso nuo žvejybos būdo; ir tai buvo ypač sudėtinga mišrių rūšių traluoju priedugnį žvejyboje, dėl kurios šiuo metu išmetama daugiausia žuvų, bent jau Europos kontekste [16, 17]. Kelios šalys, įskaitant Norvegiją, Islandiją, Čilę ir Naująją Zelandiją, anksčiau yra nustačiusios draudimus išmesti žuvis į jūrą. ES įpareigojimas iškrauti laimikį, taip pat žinomas kaip draudimas išmesti žuvis į jūrą, buvo visiškai įgyvendintas 2019 m. pradžioje atlikus naujausią Bendrosios žuvininkystės politikos reformą (2013 m. ES 5 straipsnis). Vienas iš šio draudimo tikslų – sukurti ir panaudoti selektyvesnius žvejybos įrankius. Taigi, žvelgiant iš žvejybos technologijų perspektyvos, didesnis selektyvumas buvo pagrindinė inovacijų varomoji jėga, sumažinusi priegaudos kiekį ir į jūrą išmetamų žuvų kiekį.

Nors žvejybos laivai yra skirti gaudyti žuvis, realybė yra tokia, kad jie taip pat turi sudaryti tinkamas perdirbimo sąlygas ir priimtinas šaltosios grandinės sąlygas, kol žuvis bus iškrauta. Šių sistemų pajėgumas taip pat turi būti pritaikytas taip, kad būtų pajėgus tvarkyti išmetamasir likusias žaliavas apskritai. Apskaičiuota, kad bendras pasaulio žvejybos laivų skaičius yra 4,4 mln. daugiau kaip 80 proc. jų yra trumpesni nei 12 m, o 24 m ar ilgesni pramoniniai žvejybos laivai sudaro 2 proc. visų motorinių žvejybos laivų [18]. Iš jų daugiausia vidutinio ir didelio komercinio masto laivai (12–24 m), išplaukiantys vidutinio nuotolio (maždaug dviejų savaitių kelionėms), turės šaldomus jūros vandens rezervuarus ir ledo gamybos įrenginius, o tik dideli, pramoniniai laivai (>24 m), plaukiantys dideliais atstumais, turės šaldymo galimybę. Priklausomai nuo sugaunamų žuvų rūšių ir naudojamų procesų, šie dideli pramoniniai laivai turės skirtingus šaldiklius su ventiliatoriumi, plokštinius šaldiklius, atšaldyto jūros vandens talpyklas ir ledo gamybos įrenginius [19].

Traleriai šaldikliai paprastai yra dideli verslinės žvejybos laivai, vykdantys veiklą toli nuo kranto su laive esančia šaldymo įranga. Šaldymo tuneliai (oro pūtimas), plokštiniai šaldikliai ir šaldymo talpyklos (panardinimas į druskos tirpalą ir žemą temperatūrą) yra dažniausiai naudojamos šaldymo sistemos perdirbimui laivuose. Tarp jų užšalimo tuneliai gali būti geriausias pasirinkimas nepageidaujamoms

žuvims. Šaldymo talpyklos (panardinimas į druskos tirpalą ir žema temperatūra) dažnai naudojamos didelėms nesmulkintoms žuvims ir pelaginėms žuvims, naudojamoms masalui [20]. Horizontaliųjų plokščių šaldiklyje jūros gėrybių produktai, tokie kaip filė, užšaldomi tam tikru slėgiu kontaktuojant tarp dviejų plokštelių.

2.1 Higieniškas projektavimas ir valymo procedūros

Higieniškas žvejybos laivų projektavimas yra būtinas siekiant užtikrinti aukštą laive paruoštų žaliavų kokybę ir saugą. Kapitonas ir laivo operatorius/savininkas yra atsakingi už tai, kad laivas atitiktų reikalavimus ir užtikrintų higienišką žuvų perdirbimo aplinką. "Seafish", bendradarbiaudama su Maisto standartų agentūra (FSA) ir pramonės bei vykdymo užtikrinimo atstovais, parengė keletą higienos kontrolinių sąrašų, skirtų patikrinti, ar žvejybos laivai atitinka minimalius higienos reikalavimus. Higienos reikalavimai žvejybos laivuose yra išdėstyti įvairiuose reglamentuose ir gairėse. Pavyzdžiui, ES yra priėmusi direktyvą (Direktyvą 93/103/EB), kuria nustatomi būtiniausi saugos ir sveikatos reikalavimai, taikomi dirbant žvejybos laivuose. Šie reikalavimai apima reguliarius valdžios institucijų atliekamus patikrinimus, techninę laivų, jų įrengimų ir įrangos priežiūrą, reguliary valymą, kad būtų išlaikytas tinkamas higienos lygis, ir tinkamą darbuotojų mokymą apie saugą ir sveikatą laivuose bei nelaimingų atsitikimų prevenciją [21].

Žvejybos laivų valymo procedūros yra labai svarbios siekiant išlaikyti tinkamą higienos lygį ir užkirsti kelią žaliavų užteršimui. Kai kurios rekomenduojamos valymo procedūros apima žuvies priėmimo į laivą zonas, visų paviršių ir atšaldymo sistemos (pvz., šlapio ledo talpyklos, ledų košės sistemos arba atšaldyto jūros vandens (RSW) / atvėsinto jūros vandens (CSW) rezervuaro) valymą ir dezinfekavimą kasdien, naudojant tinkamus ploviklius. Ploviklių ir dezinfekavimo priemonių pasirinkimas priklauso nuo konkretaus naudojimo ir turi būti atliekama atsižvelgiant į konkrečius poreikius. Pavyzdžiui, norint veiksmingai pašalinti bioplėveles, panašias į tas, kurios kaupiasi žuvų perdirbimo zonose, pirmenybė teikiama chloruotiems produktams, tokiems kaip chlorinti šarminiai ir natrio hipochlorito tirpalai, arba rūgštinių ir šarminių valymo priemonių deriniui [22]. Taip pat labai svarbu, kad visa tvarkymo įranga būtų tinkamai išvalyta prieš ir po naudojimo (įskaitant peilius, galandimo įrankius, kablius ir pan.).

2.2 Atvėsiniomir užšaldymo laive sistemos

Žuvies pramonėje naudojamos laive esančios šaldymo sistemos, kad žuvis išliktų šviežia ir būtų išsaugota jos kokybė. Atšaldymo laive proceso eigaturi būti higieniška, o energijos suvartojimas turi būti proporcingas tralerių žvejybos pajėgumui. Siekiant optimizuoti sistemos atšaldymo procesą ir temperatūros kontrolę, reikia atsižvelgti į kintamą žuvų dydį ir kiekį / srautą [23]. Šaltoje žuvies grandinėje naudojami trys metodai: žuvų laikymas ant ledo (atvežtas iš sausumos arba pagamintas laive), užšaldymas RSW talpyklose ir užšaldymas blokais horizontaliųjų plokščių šaldikliuose. Keli laivai taip pat turi greituosius šaldiklius šaldyti filė [24]. Šie šaldikliai taip pat galėtų būti naudojami nepageidaujamai žuviai stabilizuoti, jei būtų sukurta šios frakcijos rinka (pvz., BARF naminių gyvūnėlių ėdalo gamintojų susidomėjimas).

Mažesniems žvejybos laivams ledas yra labiausiai paplitusi atšaldymo priemonė. Kiti standartai yra atšaldytas vanduo, ledo košė (tiek jūros, tiek gėlo vandens) ir RSW. Kad būtų galima pasinaudoti visa atšaldymo nauda, būtina palaikyti atvėsiniomio temperatūrą atliekant įvairias žuvų tvarkymo operacijas [25]. Tradicinis gaminio atšaldymas grindžiamas tuo, kad paviršius neturėtų užšalti, o dėl to šiluma

pašalinama neveiksmingai. Dėl mažo šilumos laidumo šis procesas tampa dar svarbesnis didesniems gaminiais, ir reikalauja daug energijos ir laiko [26].

2.2.1 Visiškas ir dalinis atšaldymas

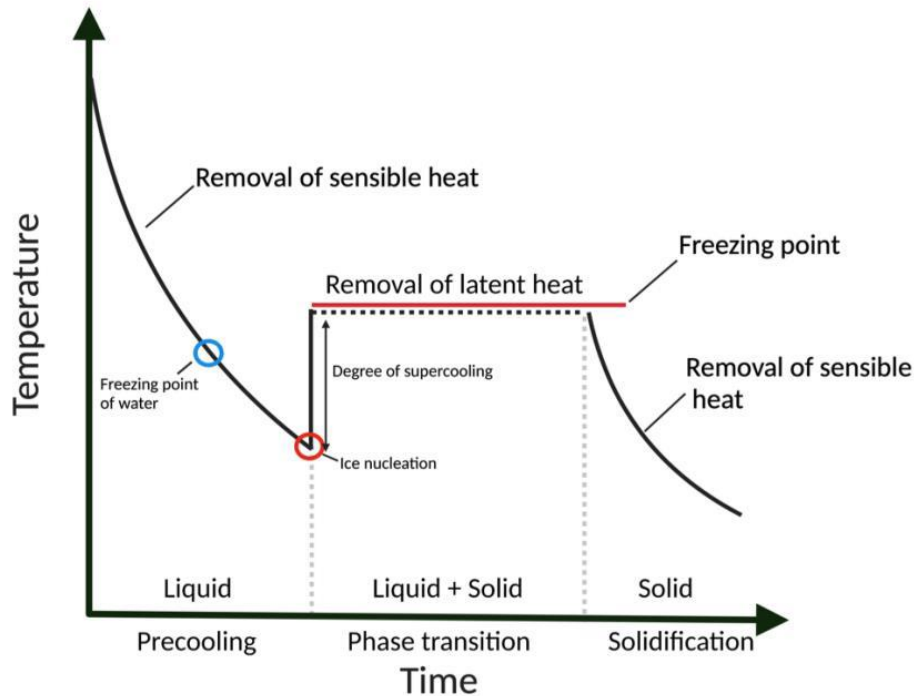
Visiškas atvėsėjimas – tai procesas, kurio metu produkto temperatūra sumažinama iki 1–2 °C žemiau pradinės užšalimo temperatūros (žuvims nuo -1 iki -2 °C) [27, 28]. Priešingai, dalinis atšaldymas reiškia, kad temperatūra yra artima pradinei užšalimo temperatūrai, bet ne žemesnė. Tipinė temperatūra, gaunama naudojant atšaldymo sistemas, yra nuo -0,5 iki -1,5 °C. Šie apibrėžimai paprastai vartojami pakaitomis, tačiau itin atšaldyti produktai paprastai būna žemesnės temperatūros nei dalinai atšaldyti produktai. Abiejų procedūrų metu žuvies paviršiuje susidaro ledas, kuris iš vidinės žuvies dalies perneš šilumą į išorę ir galiausiai pasiekia pusiausvyrą laikymo metu [29]. Šis paviršinis ledas taip pat veikia kaip šalčio rezervuaras, todėl nereikia ledo papildomai. Ledas taip pat sugers šilumą iš aplinkos, išlaikydamas stabilią žuvų temperatūrą. Kai žuvis visiškai arba iš dalies atšaldoma, fermentinis ir bakterinis aktyvumas nutrūksta, o mikrobų dauginimosi slopinimas yra vienas iš svarbiausių veiksnių, ilginančių maisto produktų tinkamumo vartoti laiką. Žinoma, kad taip atšaldytų žuvų galiojimo laikas gali būti 1,5–4 kartus ilgesnis, palyginti su žuvimis, kuris buvo tiesiog atšaldytos [27, 30]. Yra keletas dalinio atšaldymo metodų, pvz., RSW suspensija, dalinis ledo susidarymas, CSW, ir atšaldymas azotu. RSW yra ledo ir vandens suspensija, laikoma žemesnėje temperatūroje su ledo dalelėmis, apsuptomis jūros vandens. Privalumai yra greitesnis atšaldymas dėl greitesnių šilumos mainų ir mažesnės fizinės žalos žuvims nei dribsnių ledo, nes ledo dalelės tiesiogiai nesiliečia. Jūros vanduo turi būti pakankamai sūrus, kad gautų pakankamai žemą temperatūrą. Todėl į RSW sistemas dažnai pridama druskos [31]. Naujausia technologija yra atšaldymo tunelis. Žuvis dedama ant teflonu dengto aliuminio diržo, kuris išlaiko nuo -8 iki -6 °C temperatūrą, o žuvis keliaujant tuneliu – pučia šaltas oras. Kitas standartinis visiško atšaldymo būdas – šaldymas smūgiuojant. Šis smūginis šaldiklis yra padalintas į zonas nuo -30 °C iki -40 °C, kur arčiausiai įleidimo angos esanti zona yra šilčiausia, o arčiausiai išleidimo angos esanti zona yra šalčiausia. Tai leidžia maksimaliai išnaudoti termodinaminį šaltnešį. Zonose taip pat yra nepriklausomi smūginiai purkštukai, kurie leidžia didžiausio greičio orui sukurti maksimalų šilumos perdavimą. Salvadori ir Mascheroni [32] teigė, kad apdorojimo laikas snūginėje šaldymo kameroje buvo trumpesnis nei laikas, reikalingas įprastame juostiniame tuneliniame šaldiklyje, todėl toks užšaldymas yra perspektyvus žuvies produktų apsaugonimo būdas. Visiškas atšaldymas veikiant smūginiams šaldytuvui užtrunka maždaug 45–90 sekundžių. Tačiau tai priklauso nuo paviršiaus ploto santykio su visu tūriu.

Sub- and superchilled conditions have the potential to stabilise discarded fish through different mechanisms, including reduced autolytic activity and hydrolytic oxidation (reduced temperature lowers the action of the endogenous enzymes), as well as reduced growth rates of spoilage bacteria

2.2.2 Šaldymo technologija

Užšaldymas yra procesas, kurio metu vanduo paverčiamas ledu. Žuvyse šis procesas sulėtina endogeninį fermentų aktyvumą, kuris priešingu atveju būtų suardęs baltymus, ir slopina mikrobų augimą, galiausiai prailgindamas galiojimo laiką [33]. Žuvyse yra 60–80 % vandens, priklausomai nuo rūšies ir sezoninių svyravimų [1]. Kai temperatūra žuvies viduje pasiekia maždaug -1 °C, vanduo pradeda keistis iš skysto į kietą [28]. Procesą galima suskirstyti į keturias fazes, kaip parodyta 1 paveiksle. Keturias fazes galima apibūdinti taip: i) iš produkto pašalinama juntamoji šiluma, kol produktas pasiekia savo pradinę užšalimo temperatūrą, ii) šaldymas tęsiasi tol, kol temperatūra pasiekia fazių kaitos temperatūrą ir prasideda ledo kristalų užuomazgų susidarymas (peršaldymo fazė), iii) pašalinama slaptoji šiluma ir tuo pat metu pradeda

formuotis ledo kristalai, ir galiausiai, iv) vyksta ledo kristalų rekristalizacija [33]. Užšaldymas yra egzoterminis procesas, ir kadangi didžioji dalis vandens virsta ledo kristalais, perteklinė šiluma turi būti pašalinta iš žuvies, o priklausomai nuo to, koks užšaldymo būdas naudojamas, šis procesas gali būti lėtas arba greitas. [28].



1 pav. Vandens užšalimo laiko ir temperatūros grafikas buvo modifikuotas iš Tan, Mei [33].

Užšaldymo greitis yra labai svarbus ledo kristalų susidarymui ir formavimuisi. Greitas temperatūros sumažėjimas ir greitas slaptosios šilumos pašalinimas skatina daugybės mažų ledo kristalų augimą [34]. Kai šie kriterijai tenkinami, sarkoplazmoje ir tarpląstelinėje erdvėje susiformuoja maži ledo kristalai, sukuriantys priešingas jėgas, dėl kurių atstumai tarp jų būna vienodi. Tai nesukelia didelės žalos raumenų ląstelėms. Priešingai, lėtas užšaldymas sukelia didesnius struktūrinius raumenų struktūros pažeidimus, dėl kurių denatūruojami baltymai ir pakinta spalva [33]. Lėtai šaldant ledo kristalai formuojasi netaisyklingai. Šį išskirtinį bruožą galima pastebėti miofibrilėse ir endomizijoje, suardant atsitiktines medžiagas. Rekristalizacija - tai kai jau susiformavę ledo kristalai pakeičia formą, dydį ir kiekį, o kai vidutinis ledo kristalų dydis padidėja, ledo kristalų kiekis sumažėja. Varomoji jėga yra visų sistemų tendencija mažinti laisvosios energijos kiekį. Rekristalizacija vyksta dėl temperatūros svyravimų, kurie dažnai neišvengiami sandėliuojant ir transportuojant, o mažesniems ledo kristalams susiliejančiams, susidaro didesni ledo kristalai. Kaip minėta, didesni ledo kristalai labiau pažeidžia ląstelių struktūrą nei mažesni ledo kristalai, o tai yra nepageidautina.

Nepageidaujamų žuvų užšaldymas būtų naudingas siekiant pagerinti jų stabilumą ir maksimaliai padidinti jų panaudojimo BARF gamyboje galimybes. Tačiau, siekiant išlaikyti žuvies kokybę, prieš laikant užšaldytą žuvį ir jos laikymo metu reikia imtis keleto veiksmų. Pirmiausia, tokia žuvis laive turi būti tvarkoma kaip šviežias produktas, t. y. ji turi būti nukraujinta ir pakankamai atšaldyta. Antra, žuvis turi būti kuo greičiau užšaldoma naudojant tinkamą užšaldymo technologiją. Jei įmanoma, žuvis turėtų būti labai gerai

atšaldyta arba užšaldyta jūroje (prieš užšaldymą), pavyzdžiui, naudojant tas pačias šaldymo sistemas, kaip ir greitai užšaldytai filė. Galiausiai, kai žuvis užšaldoma, reikia palaikyti stabilią laikymo temperatūrą, kad atšildymo metu ji nesikristalizuotų ir neprarastų kokybės bei maistinių medžiagų.

2.2.3 Šaldytų nepageidaujamų žuvų atšildymas

Atšildymas krante nėra praktikuojamas, tačiau tai yra esminis jūroje užšaldytų nepageidaujamų žuvų etapas prieš tolesnį perdirbimą į BARF. Atšildymo procesas iš esmės yra priešingas užšaldymo procesui; šiluma ne paimama, o įleidžiama [35]. Kai produktą galima atšildyti, užšaldymo metu susidarę ledo kristalai ištirpsta. Žuvies baltymai bandys iš naujo absorbuoti vandenį, jei audiniai buvo minimaliai pažeisti. Tačiau, tarkime, kad dėl užšaldymo raumenų baltymai buvo denatūruoti. Tokiu atveju ledo kristalai ištirps tarpląstelinėje erdvėje, todėl tekstūra taps minkštesnė, padidės nuvarvėjimo nuostoliai ir pasikeis skonis [36]. Nuvarvėjimo nuostoliai reiškia maistinių medžiagų praradimą, nes vandenyje tirpūs baltymai lieka atšildymo metu išsiskiriančiame vandenyje, todėl suprastėja mėsos kokybė.

Reikalaujamas atšildymo laikas daugiausia priklauso nuo temperatūros skirtumo tarp atšildymo terpės ir produkto bei ledo ir vandens savybių. Kaip minėta, užšaldžius žuvį, jos paviršiuje susidaro ledo sluoksnis, kuris dėl ledo šiluminio laidumo veiksmingai perduoda šilumą. Kai šis sluoksnis ištirpsta, jis veikia ne kaip laidininkas, o kaip izoliatorius, todėl labai sulėtėja atšildymo procesas. Dėl šio ištirpusio sluoksnio atšildymo procesas bus vis lėtesnis ir lėtesnis, nes ištirps vis daugiau vandens. Dėl šios priežasties atšildymo procesą kontroliuoti ir prognozuoti yra sudėtingiau nei užšaldymo [35].

Norint naudoti šias žaliavas kaip BARF, reikia atkreipti dėmesį į nepageidaujamą baltymų denatūraciją dėl netinkamo tvarkymo prieš užšaldymą ir netinkamų užšaldymo, laikymo ir atšildymo sąlygų. Tačiau, optimizavus konkrečius protokolus, turėtų būti galimybė naudoti užšaldytas žaliavas BARF gamybai.

2.3 Nepageidaujamų žuvų fermentavimas laive

Nepageidaujamų žuvų fermentacija pieno rūgšties bakterijomis (LAB) yra potenciali žaliavos konservavimo strategija prieš žuvis iškraunant ir toliau gaminant BARF. LAB fermentacija pramonėje vyksta savaiminės fermentacijos būdu arba pridėdant pradinių kultūrų. *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus* ir *Leuconostoc* rūšys yra dažniausiai naudojamos kaip LAB komercinės pradinės kultūros. Ekonominiu, aplinkosauginiu ir gyvūnų gerovės požiūriu labai svarbu pašaruose gauti stabilią ir nuspėjamą mikrobų populiaciją, o tai galima pasiekti kuriant užkandines kultūras. Fermentacija ir biokonservavimas, kaip BARF produktų stabilizavimo strategija, bus išsamiau aptarti 4.1 skyriuje Fermentacija ir biokonservavimas.

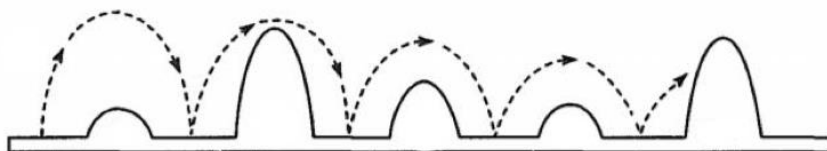
2.4 Parūgštinimas laive

Nepageidaujamų žuvų rūgštinimas laive arba silosavimas gali būti sprendimas, kaip pagerinti žaliavos stabilumą prieš BARF gamybą po iškrovimo. Žuvų silosas yra skystas produktas, pagamintas iš sveikų žuvų arba jų dalių, kurios suskystėja veikiant žuvyje esantiems fermentams ir pridėjus rūgšties. Fermentai suskaido žuvies baltymus į mažesnius tirpius vienetus, o rūgštis pagreitina jų veiklą ir kartu apsaugo nuo bakterinio gedimo. Gaminant žuvų silosą, geriausia naudoti organinę rūgštį, pavyzdžiui, skruzdžių rūgštį (35 kg/1 tonai žuvies), kad žuvis būtų konservuota ir kad žuvyje esantys fermentai galėtų suskystinti baltymus. Toliau perdirbant į BARF, silosas gali pakeisti neperdirbtą išmestą žuvį arba pats naudojamas kaip produktas. Tačiau, atsižvelgiant į norimą produktą, turi būti sukurtos specialios receptūros.

3 Inovatyvios apdorojimo koncepcijos

3.1 Kliūčių koncepcija

Daugelis tradicinių ar novatoriškų perdirbimo technologijų gali slopinti mikrobų dauginimąsi ir išlaikyti maisto ir pašarų kokybę, įskaitant, pvz., atšaldymą, sūdymą, priedų pridėjimą ir biologinį konservavimą (2 pav.). Šiuos metodus galima derinti, o ši koncepcija vadinama kliūčių technologija [37]. Kiekvienas apdorojimo parametras vadinamas kliūtimi. Kliūtis koncepcijos, taikant kelis vidutinio intensyvumo antimikrobinius veiksnius, loginis pagrindas yra tas, kad gali atsirasti sinergizmas, kai nepageidaujami mikroorganizmai susiduria su daugybe kliūčių, dėl kurių konservuojantis poveikis yra didesnis nei naudojant vieną veiksnį, kurio intensyvumas yra didesnis. Sinergetinis poveikis atsiranda, jei kliūtys atsitrenkia į skirtingus taikinius, tokius kaip mikrobų ląstelių membranos, DNR, fermentai ir kt. Tinkamas kelių antimikrobinių veiksnų derinys gali sumažinti kiekvieno elemento intensyvumą ir taip sumažinti poveikį produkto kokybei.



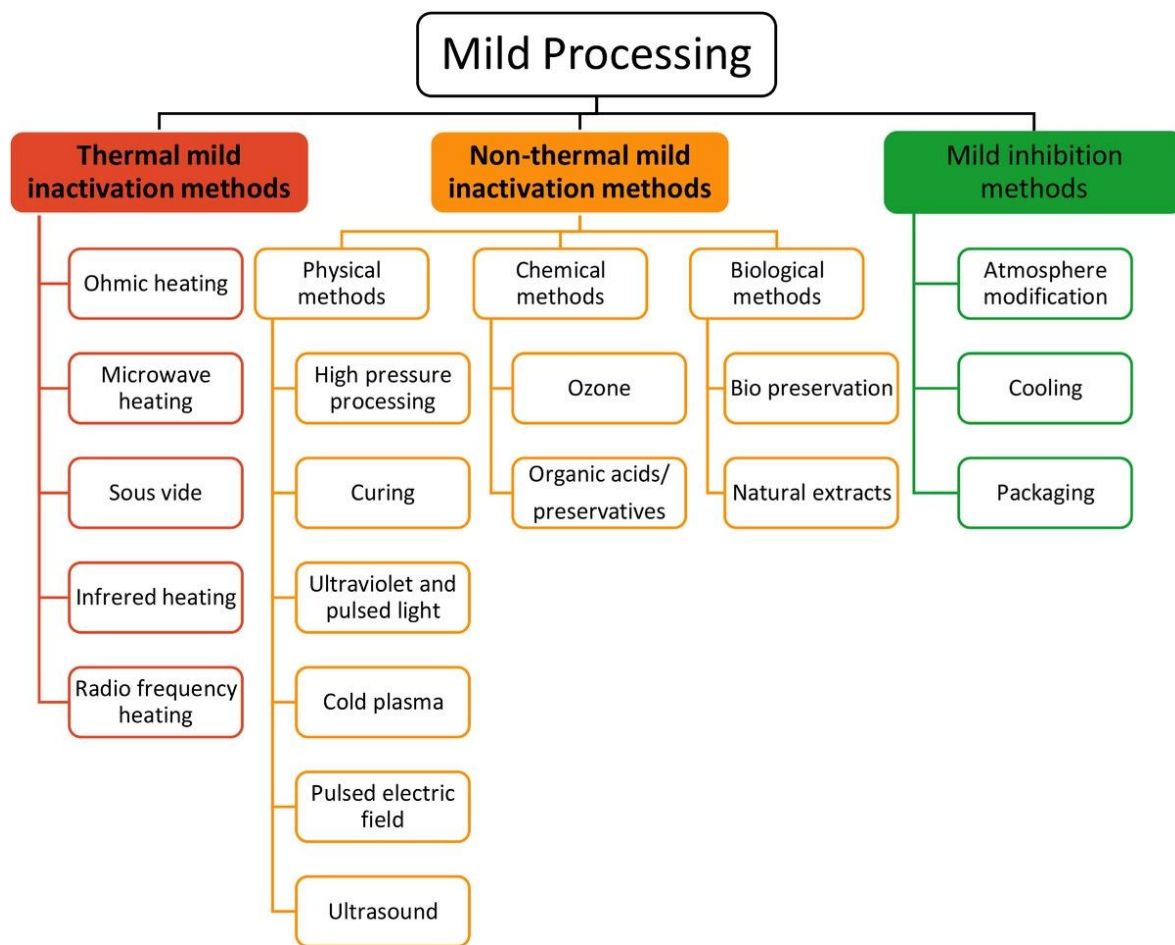
Higiena laive Atšaldymas Biokonservavimas Natūralūs ekstraktai Pakuotė

2 pav. Kliūčių koncepcija, kurioje pateikiami galimos BARF kliūčių strategijos pavyzdžiai

3.2 Švelnaus apdorojimo technologijos

Sukurti švelnūs maisto produktų perdirbimo metodai, kuriais siekiama prailginti produkto galiojimo laiką ir maisto saugą, iš dalies arba visiškai slopinant gedimą ir patogeninius mikroorganizmus ir (arba) fermentus, tuo pačiu kuo mažiau paveikiant organoleptines savybes, maistinę sudėtį ir produkto savybes [38]. Tas pats metodas gali būti taikomas BARF ir naminių gyvūnėlių pašarų gamybai, siekiant išlaikyti šviežią kokybę, tuo pačiu pailginant produkto galiojimo laiką ir slopinant galimą patogeninių mikroorganizmų augimą.

Įvairių tarpinio apdorojimo metodų apžvalga pateikta 3 paveiksle, o kitame skyriuje aprašomi BARF gamybai svarbiausi metodai.



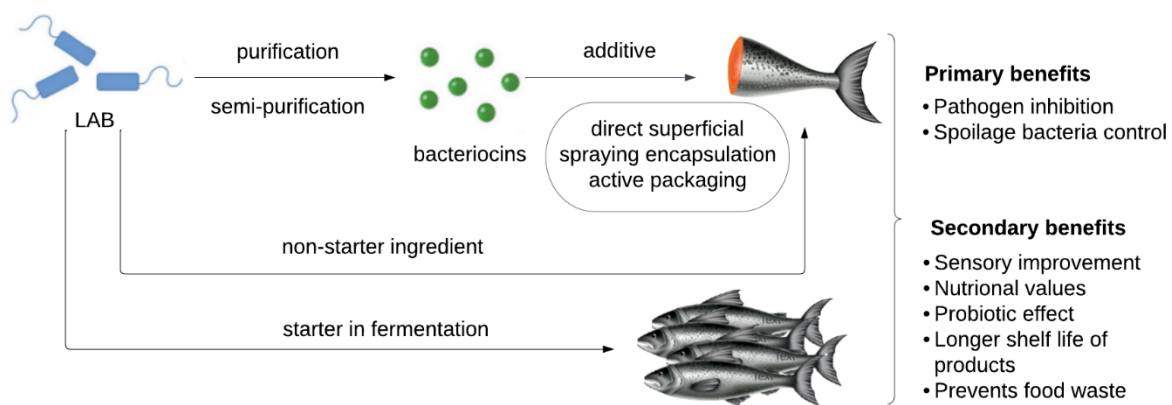
3 pav. Skirtingų švelnaus maisto ir pašarų perdirbimo būdų pavyzdžiai skirstomi pagal taikomus mechanizmus [38].

4 BARF apdorojimo technologijos

4.1 Fermentacija ir biologinis konservavimas

Pieno rūgšties bakterijos (LAB) yra heterogeninė aerotolerantiškų gramteigiamų bakterijų grupė, o kelios gentys, įskaitant *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactobacillus* ir *Lactococcus*, yra susijusios su šalto, vidutinio ir tropinio klimato vandenų jūrų žuvų mikrobiota. LAB fermentacija yra medžiagų apykaitos procesas, kurio metu šios bakterijos anaerobinėmis sąlygomis cukrų paverčia pieno rūgštimi. Maisto produktuose LAB fermentacija yra universalus procesas, kurį žmonės jau šimtmečius naudoja įvairiems fermentuotiems maisto produktams ir gėrimams, pasižymintiems išskirtiniu skoniu ir ilgesniu galiojimo laiku, gaminti. Konservavimo tikslais rūgštinimas atlieka labai svarbų vaidmenį, nes žemas pH stabdo gedimą sukeliančių ir patogeninių mikroorganizmų augimą. LAB yra atsparesnės rūgštimis, todėl fermentacijos metu jos gali klestėti ir dominuoti mikrobų ekosistemoje. LAB taip pat gamina organinius junginius, kurie turi įtakos produkto skoniui, tekstūrai ir aromatui. LAB taip pat pasižymi probiotinėmis savybėmis gyvūnams ir žmonėms, t. y. jos gali būti naudingos savo šeimininkui gerindamos jo žarnyno sveikatą ir stiprindamos imuninę sistemą [39].

LAB paprastai laikomi saugiais (GRAS organizmais), t. y. netoksiškais ir nepatogeniškais. LAB natūraliai gamina antimikrobinis metabolitus, todėl jos dažnai tiriamos biokonservavimui. Biologinio konservavimo koncepciją įkvėpė fermentacija, tik fermentacijos metu iš esmės keičiama maisto matrica, o to paprastai vengiama biologinio konservavimo sistemose (4 pav.). Biokonservavimui naudojamos natūraliai esančios bakterijos ir jų antimikrobiniai metabolitai patogeninėms ir gedimą sukeliančioms bakterijoms maisto produktuose ir pašaruose kontroliuoti, siekiant prailginti produkto galiojimo laiką [40, 41]. LAB gali gaminti įvairius antimikrobinis junginius, pavyzdžiui, bakteriocinus, vandenilio peroksidą ir organines rūgštis. Bakteriocinai yra baltyminės antimikrobinės medžiagos, nukreiptos į bakterijas, įskaitant patogenines padermes, ir jas slopinančios. Vandenilio peroksidas ir organinės rūgštys taip pat pasižymi antimikrobinėmis savybėmis, todėl dar labiau prisideda prie biokonservavimo poveikio. [42].



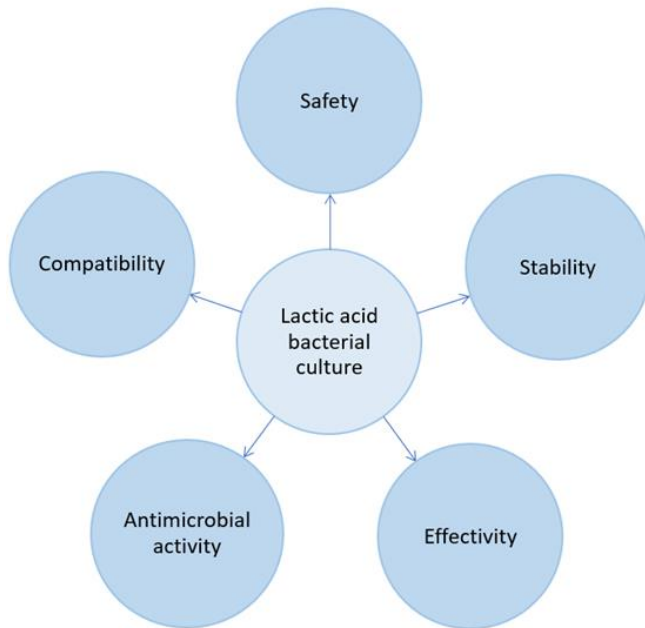
4 pav. Pieno rūgšties bakterijos, bakteriocinai ir jų panaudojimas fermentuojant ir biologiškai konservuojant maistą ir pašarus. Parengta pagal Barcenilla, Ducic [43].

LAB taip pat gali konkuruoti su gedimo ir patogeninėmis bakterijomis dėl maistinių medžiagų. Jos sunaudoja turimus cukrus ir paverčia juos pieno rūgštimi, taip veiksmingai sumažindamos maistinių medžiagų kiekį substrate ir apribodamos nepageidaujamų mikroorganizmų augimo išteklius. Be to, LAB fermentacija gali pakeisti maisto substrato mikrobiologinę ekosistemą, skatindama naudingų mikroorganizmų augimą ir slopindama nepageidaujamų mikroorganizmų augimą. LAB gali gaminti medžiagas, kurios sudaro nepalankias sąlygas gedimą sukeliančioms ir patogeninėms bakterijoms, pavyzdžiui, bakteriocinus, kurie stabdo jų augimą, arba šalutinius medžiagų apykaitos produktus, kurie riboja jų išlikimą. Ši mikrobų kaita padeda išsaugoti maistą ir palaikyti jo saugą bei kokybę.

Biologinis konservavimas taip pat gali būti naudojamas kaip kliūčių technologijos dalis [44], kai LAB derinama su kitomis kliūtimis, tokiomis kaip atšaldymas, pakuotė modifikuotoje atmosferoje ir t. t., siekiant kovoti su maisto gedimu ir užtikrinti maisto saugą, kaip parodyta 2 paveiksle.

Kadangi LAB yra įvairi bakterijų grupė, būtina atkreipti dėmesį į tai, kad skirtingų rūšių pieno rūgšties bakterijų fermentacijos būdai, probiotinės savybės ir konservavimo potencialas gali skirtis. Veiksmingumui gali turėti įtakos naudojama matrica ir sąlygos. Todėl, taikant startinę kultūrą pagrįstą metodą, siekiant užtikrinti veiksmingą biokonservavimą ir pageidaujamas galutinio produkto savybes, būtina kruopščiai parinkti LAB padermes ir optimizuoti gamybos parametrus. Padermės turi būti suderinamos su žaliavos

matrica, išgyventi nepalankias perdurbimo ir laikymo sąlygas ir gaminti pakankamai antimikrobinių metabolitų, apsaugančių nuo plataus spektro patogeninių ir gedimą sukeliančių bakterijų [42]. Reikalavimai kamienams, naudojamiems biokonservavimui, pavaizduoti 5 paveiksle.



5 pav. Reikalavimai kamienams, naudojamiems maisto ir pašarų produktų biokonservavimui. Paveikslas modifikuotas pagal Ghanbari, Jami [42].

4.2 Priedai

Maisto ir pašarų priedai - tai cheminės medžiagos, dedamos siekiant išvengti mikrobinio, fermentinio ir oksidacinio gedimo arba pagerinti kokybės parametrus, pavyzdžiui, tekstūrą, skonį ir spalvą. Cukrus, druskos ir alkoholiai - tai priedai, šimtmečius naudojami maisto produktų savybėms išsaugoti ir pagerinti. Tradiciniai priedai vis dar naudojami maisto pramonėje, tačiau vėlesniais laikais atsirado sintetinių ir natūralių junginių. Priedai gali veikti kaip konservantai, nes sumažina vandens aktyvumą maisto matricoje, taip sumažindami produkto mikrobinį ir fermentinį aktyvumą. Jie taip pat gali reguliuoti pH žemiau arba aukščiau optimalių mikroorganizmų ir pelėsių sąlygų, veikti kaip konservantai, slopinantys tam tikrus mikroorganizmus, ir gali veikti kaip radikalų valikliai, užkertantys kelią lipidų oksidacijai. Naudojamų priedų tipas priklauso nuo pageidaujamo produkto savybių. Priedai paprastai turi būti netoksiški, lengvai tirpūs, ekonomiškai ir praktiškai prieinami. Neorganiniai junginiai, organinės rūgštys ir natūralūs ekstraktai yra žuvininkystės produktų priedai, kurie bus aptariami tolesniuose skyriuose.

4.2.1 Organinės rūgštys

Organinės rūgštys - tai natūralūs junginiai, pasižymintys silpnomis rūgštinėmis savybėmis, dėl kurių jie pasižymi antimikrobiniu poveikiu, ir natūraliai esantys maisto produktuose arba pridedami siekiant juos pagardinti ir išsaugoti. Kadangi organinės rūgštys yra natūraliai paplitusios, daugiausia kaip šalutiniai fermentacijos procesų produktai, konservavimas naudojant organines rūgštis yra vienas iš seniausių ir tradicinių konservavimo būdų [45]. Šiandien jiems skiriama vis daugiau dėmesio, nes juos lengva gauti ir nereikia sudėtingo apdorojimo, todėl jie yra nebrangūs ir lengvai prieinami priedai. Pieno ir acto rūgštys

paprastai yra natūralios, o kitos įprastos organinės rūgštys, dedamos į perdirbtus maisto produktus, yra citrinos, skruzdžių, propiono, sorbo ir benzenkarboksirūgštis [46].

Antimikrobinį poveikį daugiausia lemia polinės junginių šoninės grupės ir maža pH vertė. Be to, rūgšties veiksmingumas labai priklauso nuo jos pKa vertės. Dėl poliškumo rūgštys tampa lipofilinės, prasiskverbia pro lipidų pagrindu sudarytą ląstelės membraną ir disocijuoja ląstelės viduje. Dėl sumažėjusios pH vertės bus slopinami svarbūs ląstelės augimo viduląsteliniai mechanizmai, tokie kaip ATP gamyba ir fermentinis aktyvumas [46].

4.2.2 Natūralūs ekstraktai

Natūralūs ekstraktai gaunami iš augalinių audinių, juose yra pigmentų, polisacharidų, riebalų rūgščių ir fenolinių junginių, kurie pasižymi antioksidaciniu ir antimikrobinio poveikiu (Olatunde & Benjakul, 2018). Antioksidantai veikia kaip laisvųjų radikalų valytojai, kurie lėtina autoksidacinius procesus, kurie yra svarbiausi lipidų oksidacijai. Antimikrobinis poveikis yra susijęs su mikroorganizmų augimo slopinimu ir lizavimu. Tipiški natūralių ekstraktų šaltiniai yra vaisių žievelės (vynuogių, obuolių, slyvų), prieskoniai (čiobrelių, lauro lapų, rozmarinų) ir jūros dumbliai (rudadumbliai).

Natūralūs ekstraktai gaunami iš augalinių audinių dviejų etapų ekstrahavimo proceso metu. Pirmajame, paruošimo, etape augalas džiovinamas, malamas arba mažinamas, kad iš žaliavos būtų atskirta norima medžiaga. Antrajame etape, ekstrakcijos etape, augalinė medžiaga paprastai ištirpinama organiniuose tirpikliuose, pavyzdžiui, etanolyje, metanolyje, acetone arba heksane. Alternatyvūs ekstrakcijos metodai, tokie kaip distiliavimas, ekstrakcija superkritiniu skysčiu, ekstrakcija ultragarsu ir mikrobangų krosnelėmis, pradėti taikyti kaip aplinkai draugiškesni, laiko ir sąnaudų požiūriu efektyvesni ekstrakcijos metodai [47]. Naudojant natūralius ekstraktus BARRF produktuose, padidės jų bendra kokybė, pagerės sauga ir galiojimo laikas.

4.3 Džiovinimas ir džiovinimas šalčiu

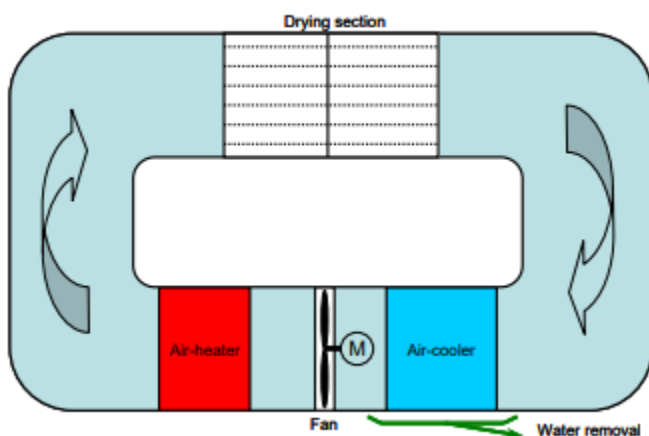
Džiovinimas yra pagrindinis ilgalaikio žuvų konservavimo būdas nuo tada, kai žmonės pradėjo konservuoti žuvis. Dėl sumažėjusio vandens kiekio džiovinant sumažėja mikrobo augimas ir fermentų aktyvumas, todėl pailgėja produkto galiojimo laikas.

Vandens aktyvumas (a_w) apibrėžiamas kaip vandens garų slėgio žaliavoje ir standartinio vandens garų slėgio santykis. Vandens aktyvumas yra labai svarbus džiovinimo procese, nes suteikia informacijos apie produkte esančio aktyvaus vandens kiekį. Daugumos šviežios žuvies produktų a_w yra 0,99, t. y. garų slėgis produkte sudaro 99 % gryno vandens garų slėgio. Po džiovinimo džiovinamų žuvų produktų a_w turėtų būti apie 0,6. Paprastai $a_w < 0,85$ neleidžia augti visiems patogeniniams mikrobams ir toksinams [48].

Džiovinimo būdus galima suskirstyti į terminį, osmosinį ir mechaninį džiovinimą pagal laistymo techniką [48]. Terminis džiovinimas toliau gali būti suskirstytas į džiovinimą oru, džiovinimą žemoje oro aplinkoje ir džiovinimą modifikuotoje atmosferoje. Osmosinis džiovinimas atliekamas pridėjant tirpiklio, pavyzdžiui, druskos tirpalo, todėl vanduo pašalinamas dėl koncentracijos skirtumų. Mechanškai džiovinant vanduo pašalinamas fizine jėga, pavyzdžiui, būgneliu ar spaudu, sukeliant slėgį medžiagai. Maisto ir pašarų produktams dažniausiai naudojamas terminis džiovinimas. Džiovinimas tunelyje ir džiovinimas šalčiu yra žuvies produktų terminio džiovinimo metodų pavyzdžiai.

4.3.1 Džiovinimas tunelyje

Džiovinimas tuneliuose - tai tam tikras džiovinimo ore metodas, kai produktas džiovinamas nepertraukiamai. Žaliava yra vienoje tunelio džiovyklos pusėje, kaip parodyta 6 paveiksle, o paruoštas išdžiovintas produktas surenkamas kitame gale. Tunelinis džiovinimas naudingas dėl lengvai kontroliuojamo džiovinimo proceso ir galimybės džiovinėti didelį kiekį medžiagų. Tačiau šis metodas užima daug laiko ir netinka termolabilioms medžiagoms. Tunelinio džiovinimo būdu gali būti gaminamos žuvų atsargos. Atlikus tyrimą, kuriuo buvo tiriamos optimalios žuvies džiovinimo sąlygos, nustatyta, kad džiovinimo greičiui įtakos turėjo tunelinės džiovyklos parametrai - temperatūra ir drėgmė, be to, mažesnių žuvų individų (1,5 kg) džiovinimo greitis (50 val.) buvo didesnis nei didesnių žuvų individų (4,5 kg, 75 val.) [49].



6 pav. Tunelinės džiovinimo sistemos principas [49].

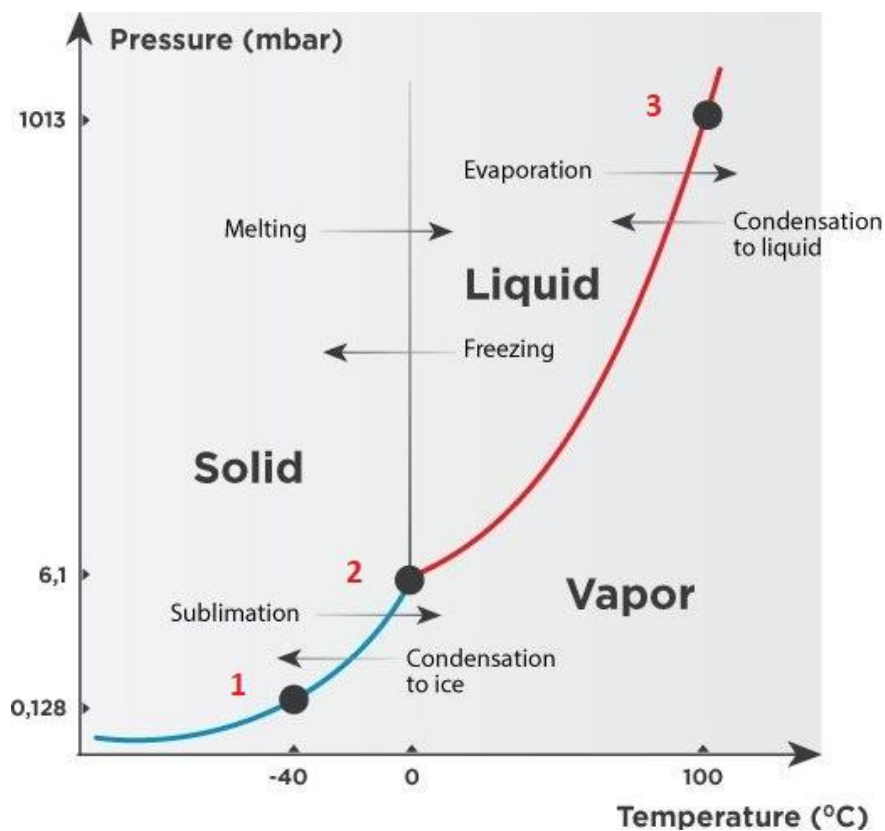
4.3.2 Džiovinimas šalčiu (lioofilizacija)

Džiovinimo šalčiu, dar vadinamos liofilizacija, metu vanduo ledo pavidalu pašalinamas iš medžiagos esant mažam slėgiui, beveik vakuumui ir žemai temperatūrai [50]. Dėl oro trūkumo ir žemos temperatūros išvengiama oksidacijos ir išsaugomi šilumai jautrūs komponentai, pavyzdžiui, vitaminai, antibiotikai ir mikrobų kultūros [48]. Tačiau dėl didelių energijos sąnaudų ir ilgai trunkančio proceso liofilizacijos procesas yra brangus komerciniam naudojimui ir riboja šio metodo taikymą daugiausia didelės vertės džiovinintiems produktams gauti.

Liofilizuoti produktai gaunami trimis pagrindiniais žaliavos etapais: 1) užšaldymo, 2) pirminio džiovinimo ir 3) antrinio džiovinimo [50]. Be to, proceso metu medžiaga pereina tris fazes, kaip parodyta fazių diagramoje 7 paveiksle.

1. Pirmajame etape žaliava užšaldoma. Šis etapas labai svarbus galutinių liofilizuotų produktų kokybei, nes medžiaga turi būti visiškai užšaldyta per kitus du džiovinimo etapus. Be to, šaldymo greitis turi būti reguliuojamas atsižvelgiant į galutinio produkto medžiagos tipą ir pageidaujamas savybes. Šaldymo metu vandens molekulės kristalizuojasi į įvairaus dydžio ledo kristalus. Didesniu užšaldymo greičiu galima gauti daugiau mažesnio dydžio ledo kristalų; priešingai, susidaro didesni

- ir mažesni kristalai. Mažesni ledo kristalai sudaro mažą pasipriešinimą masės pernašai ir yra naudingi, kad džiovinimas vyktų efektyviai.
2. Pirminio džiovinimo metu ledas virsta garais, tai vadinama ledo sublimacija. Šis etapas pasižymi dideliu džiovinimo greičiu, nes pašalinamas laisvasis vandens kiekis. Sublimacija vyksta nuo produkto paviršiaus mažinant slėgį liofilizatoriuje. Pirminio džiovinimo etapas priklauso nuo šaldymo kameros šilumos tiekimo intensyvumo ir slėgio.
 3. Antrinio džiovinimo etapas vadinamas desorbcijos džiovinimo procesu. Pašalinamas su maisto matrica susijungęs vanduo. Tai daugiausiai energijos reikalaujantis liofilizacijos etapas.



7 pav. Vandens fazių schema rodo sublimacijos principą (labogene.com).

5 Pakavimas

Per pastaruosius kelerius metus padaugėjo įvairių pakavimo medžiagų ir pasikeitė jų naudojimo būdas, palyginti su jų pagrindine izoliavimo funkcija. Šis poslinkis buvo spartus ir apimantis medžiagų naudojimą, kai jos pasižymi įvairiomis savybėmis. Šios naujos savybės apima įvairias savybes - nuo medžiagos kaip barjero dujoms, vandeniui ir skoniui iki produkto galiojimo laiko pailginimo ir su vartotojo patogumu susijusių aspektų pagerinimo [51]. Pakuotės tampa ypač svarbios jūros gėrybių atveju, nes iš žuvies pagaminti produktai yra labai greitai gendantys, todėl būtina užtikrinti gerą jų išsaugojimą, kad produkto kokybė ir sauga išliktų pageidaujamo lygio per visą laikymo procesą. Skirtingos pakavimo koncepcijos turės įtakos tokiems kokybės parametrams kaip nuvarvėjimo nuostoliai, spalva, kvapas, gendamumas ir

galiojimo laikas. Taip pat svarbu pažymėti, kad supakuoto produkto kokybė niekada nebus geresnė už produkto kokybę prieš jį supakuojant. Be to, turime atskirti poreikius pirminio apdorojimo vertės grandinėje ir po BARF pagaminimo.

5.1 Nepageidaujamos žuvies pakavimo sprendimai (prieš patenkant į BARF perdirbimo įmonę)

Priklausomai nuo laive turimų apdorojimo technologijų, reikia apsvarstyti kelias pakavimo strategijas. Mažesniuose laivuose, kuriuose nėra galimybės užšaldyti, būtina tinkamai atšaldyti. Geros alternatyvos gali būti birių produktų pakavimas konteineriuose (ledo suspensija arba šlapias ledas) arba ant ledo polistireninio putplasčio (EPS) dėžėse. Tačiau laivo talpa turi būti optimizuota, kad būtų galima sutvarkyti ir pagrindinį laimikį, ir nepageidaujamą žuvis. Didesniems laivams, turintiems galimybę užšaldyti, atsiranda kitų poreikių. Geriausias nepageidaujamų užšaldytų žuvų pakavimo variantas yra gofruotas kartonas su vienu arba dvigubu polietileno (PE) sluoksniu kaip drėgmės ir dujų barjeru. Nors PE pasižymi neblogomis dujų barjero savybėmis, dėl nedidelės kainos ir geros atsparumo plyšimui bei drėgmei sulaikymo savybės tai dažniausiai naudojama barjerinė medžiaga kartu su kartonu [52]. Pakuočių medžiagų drėgmės išlaikymas taip pat labai svarbus kokybei išlaikyti, nes sumažina rekristalizaciją ir šerkšno susidarymą.

Kita strategija - aktyvioji pakuotė, kuri pagerina nepageidaujamos žuvies laikymo trukmę ir saugumą. Alternatyva atšaldytų žuvų išmetimų laikymui dideliais kiekiais - laikyti žuvis anglies dioksido (CO₂) prisotintose RSW sistemose arba uždaroje lanksčioje talpyklose, kuriose naudojamas didelis CO₂ kiekis. Bakteriostatinis poveikis yra glaudžiai susijęs su ištirpusio CO₂ kiekiu [53], o patogenai, pavyzdžiui, *Listeria* spp, gali būti slopinami esant dideliame prisotinimui [54]. Tačiau norint gauti tokį aukštą CO₂ kiekį, reikia taikyti kitas strategijas, o ne tradicinį pakavimą dujomis, pavyzdžiui, tirpių dujų stabilizavimą (angl. Soluble Gas Stabilization, SGS) [55].

5.2 BARF produktų pakavimo sprendimai

BARF produktai gali būti tiekiami švieži, užšaldyti arba stabilizuoti džiovinant, o tai turi įtakos pakavimo sprendimo pasirinkimui. Šviežiems produktams būtų privalomas sprendimas, užtikrinantis puikų tinkamumo vartoti terminą. Tai galėtų būti pakuotė su dujomis (vadinama pakuote su modifikuota atmosfera (MAP)). Taikant šią pakavimo koncepciją, pakuotėje esanti atmosfera modifikuojama, kad būtų sudarytos tinkamesnės sąlygos produktui. Principas - oras pakeičiamas kitu dujų mišiniu (dažniausiai CO₂, N₂ ir (arba) O₂), kuris priklauso nuo produkto, ir tada pakuotė užklijuojama), dujinė pakuotė SGS [55], pavidalu arba sprendimas, apimantis kitas aktyvias pakavimo strategijas. Kaip apžvelgė Ahmed, Lin [56], aktyvioji pakuotė - tai koncepcija, kai komponentai įtraukiami į pakavimo medžiagą arba pakuotę. Vyksta sąveika tarp komponento / pakuotės, maisto produkto ir aplinkos, kad būtų pasiektas norimas produkto rezultatas. Šie laukiami rezultatai gali pailginti produktų galiojimo laiką, kartu išlaikant bendrą produkto kokybės ir saugos tikslą. Aktyvioji pakuotė skirstoma į dvi sistemas: šalinančią ir atpalaiduojančią. Išvalymo sistemos paprastai yra valdomos absorbcijos būdu, sugeriant teršalus, kurie gali pagreitinti produkto gedimą, pavyzdžiui, deguonį, kvapą ar drėgmę. Atpalaidavimo sistemos paprastai į pakuotę išskiria arba išleidžia tam tikrus junginius, pavyzdžiui, anglies dioksidą, antioksidantus arba antimikrobines medžiagas.

Sušaldytiems BARF produktams platinti vakuuminio pakavimo sprendimas yra geriausias pasirinkimas. Vakuuminis pakavimas (VP) - tai technologija, kai prieš sandarinimą iš pakuotės pašalinamas oras. Šios pakavimo technologijos tikslas - pašalinti deguonį, kuris stabdo aerobinių gedimo bakterijų dauginimąsi,

ir tai sumažina produkto oksidacijos laipsnį. Tai pasiekama pakuotės medžiagai visiškai susilietus su pakuojamu produkto paviršiumi. Didelis VP privalumas yra tas, kad pakuotės tūris praktiškai nesiskiria nuo produkto tūrio [51], o dėl dažnai naudojamų poliamido (PA)/PE medžiagų barjerinių savybių ir "negyvo tūrio" pakuotės viduje nebuvimo ji dažnai laikoma geriausiu variantu šaldytiems produktams.

Džiovintiems produktams pakuoti reikia dar geresnių pakavimo medžiagų, pasižyminčių puikiais dujų barjero savybėmis. Džiovinti produktai, ypač liofilizuoti, yra linkę oksiduotis, o tai yra vienas iš ribojančių jūrinių žaliavų galiojimo laiką parametrų. Šiam iššūkiui įveikti naudojamas vakuuminis sprendimas, dažnai derinamas su medžiagomis, pasižyminčiomis geromis deguonies barjero savybėmis. Kai kurios tinkamos medžiagos, kurias galima naudoti, yra tipiški daugiasluoksniai tirpalai, kuriuos sudaro, pavyzdžiui, PP/EVOH/PP, PA/PE/EVOH/PE, PE/EVOH/PE, PP/EVOH/PE ir PET/MET-PET/PE, kur EVOH reiškia etileno vinilo alkoholį, PET - polietileno tereftalatą, o MET-PET - metalizuotą (pvz., aliuminio) PET.

Terminologija

Šaltinis: <https://en.wikipedia.org>

Autolizė

Biologijoje autolizė, dažniau vadinama savaiminiu virškinimu, reiškia ląstelės sunaikinimą veikiant jos fermentams. Ji taip pat gali reikšti fermento virškinimą kita to paties fermento molekule.

Endogenija

Endogeninės medžiagos ir procesai kyla iš gyvos sistemos, tokios kaip organizmas, audinys ar ląstelė. Priešingai, egzogeninės medžiagos ir procesai yra tie, kurie kilę iš už organizmo ribų.

Glikolizė

Glikolizė - tai medžiagų apykaitos kelias, kurio metu gliukozė ($C_6H_{12}O_6$) paverčiama piruvatu, o daugumoje organizmų ji vyksta skystoje ląstelių dalyje - citozolyje. Šio proceso metu išsiskyrusi laisvoji energija sudaro didelės energijos turinčias molekules adenzintrifosfatą (ATP) ir redukuotą nikotinamidadenindinukleotidą (NADH). Glikolizė yra dešimties reakcijų, kurias katalizuoja endogeniniai fermentai, seka.

Metabolizmas

Metabolizmas - tai gyvybę palaikančių cheminių reakcijų organizmuose visuma. Trys pagrindinės medžiagų apykaitos funkcijos yra šios: maisto produktų energijos pavertimas energija, kuri gali būti naudojama ląsteliniams procesams vykdyti; maisto produktų pavertimas baltymų, lipidų, nukleino rūgščių ir kai kurių angliavandenių statybiniais blokais; medžiagų apykaitos atliekų pašalinimas.

Egzoterminis procesas

Termodinamikoje egzoterminis procesas - tai termodinaminis procesas arba reakcija, kurios metu iš sistemos į aplinką išsiskiria energija, dažniausiai šilumos, bet taip pat šviesos (pvz., kibirkštis, liepsnos ar blyksnio), elektros (pvz., akumuliatoriaus) ar garso (pvz., sprogdimo, girdimo degant vandeniliui) pavidalu.

Fermentacija

Fermentacija - tai medžiagų apykaitos procesas, kurio metu, veikiant fermentams, vyksta cheminiai pokyčiai organinėse medžiagose. Biochemijoje jis siaurai apibrėžiamas kaip energijos išgavimas iš angliavandenių be deguonies. Maisto gamyboje plačiau jis gali reikšti bet kokią procesą, kurio metu mikroorganizmų veikla sukelia pageidaujamus maisto produkto ar gėrimo pokyčius.

Biokonservavimas

Biokonservavimas - tai natūralios arba kontroliuojamos mikrobiotos ar antimikrobinių medžiagų naudojimas maisto produktams išsaugoti ir jų galiojimo laikui pailginti. Maisto produktų biokonservavimas, ypač naudojant pieno rūgšties bakterijas (LAB), kurios slopina maisto produktų gedimą sukeliančius mikrobus, praktikuojamas nuo ankstyvųjų amžių, iš pradžių nesąmoningai, bet ilgainiui vis labiau įgavo tvirtą mokslinį pagrindą.

Literatūra

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. Boziaris, 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. Tsarakis, 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.