Rapport 5/2026 • Utgitt februar 2026

Nofima

Produksjon av skate: utbytte og lagringskvalitet, og kartlegging av bruksområder for restråstoff og vurdering opp mot grenseverdier for mat/fôr/agn

Delrapport 2 og 3 i FHF-prosjektet «Utnyttelse av Skate», prosjektnummer 901996

Foto: Nofima

Kjersti Lian, Torbjørn Tobiassen, Birthe Vang, Gustav Martinsen, Vilde S. Aaknes, Sjurdur Joensen, Stein H. Olsen, Kristin Hansen og Margrethe Esaiassen

Nofima er et ledende matforskningsinstitutt som driver med forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien. Vi leverer internasjonal anerkjent forskning og løsninger som gir næringslivet konkurransefortrinn langs hele verdikjeden.

«Bærekraftig mat til alle» er vår visjon.

Kontaktinformasjon
Telefon: 77 62 90 00
post@nofima.no
www.nofima.no
NO 989 278 835 MVA

Hovedkontor Tromsø
Muninbakken 9–13
Postboks 6122
NO-9291 Tromsø

Stavanger
Måltidets hus
Richard Johnsensgate 4
Postboks 8034
NO-4068 Stavanger

Sunndalsøra
Sjølsengvegen 22
NO-6600 Sunndalsøra

Ås
Osloveien 1
Postboks 210
NO-1433 ÅS

Bergen
Kjerreidviken 16
Postboks 1425 Oasen
NO-5844 Bergen

Rapport

Rapportnummer:	ISBN:	ISSN:
5/2026	978-82-8296-873-7	1890-579X
Dato:	**Antall sider + sider vedlegg:**	**Prosjektnummer:**
6. februar 2026	24 + 0	14518

Tittel:

Produksjon av skate: utbytte og lagringskvalitet, og kartlegging av bruksområder for restråstoff og vurdering opp mot grenseverdier for mat/fôr/agn.

Title:

Skate production: yield, storage quality, and evaluation of applications in relation to food, feed, and bait regulations.

Forfatter(e):

Kjersti Lian, Torbjørn Tobiassen, Birthe Vang, Gustav Martinsen, Vilde S. Aaknes, Sjurdur Joensen, Stein H. Olsen, Kristin Hansen og Margrethe Esaiassen

Avdeling:

Sjømatindustri og Marin Bioteknologi

Oppdragsgiver:

Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF)

Eksternt prosjektnummer/Oppdragsgivers ref.:

901996

Stikkord:

Skate, kvalitet, utbytte, restråstoff,

Sammendrag/anbefalinger:

Studien undersøkte kvalitetsutviklingen i kloskate, *Amblyraja radiata*, under lagring på is gjennom sensoriske vurderinger, pH-målinger, biologiske målinger og kjemiske analyser. Resultatene viste at skatevingene hadde god kvalitet de første to til fem dagene etter fangst, med nøytral lukt, klart slimlag og fast tekstur. Etter fem dager begynte enkelte individer å vise svak metallisk lukt og endringer i slimlaget, men råstoffet ble fortsatt vurdert som akseptabelt. Fra dag ni skjedde et tydelig kvalitetsfall som var preget av sterk ammoniakklukt, misfarget og klumpete slim, svekket tekstur og overflateforringelse. På dag tolv var råstoffet uegnet til konsum. De kjemiske analysene viste samtidig at råstoffet hadde høyt proteininnhold og lavt fettinnhold, og nivåene av biogene aminer, tungmetaller og miljøgifter var lave og innenfor gjeldende grenseverdier. Totalinnholdet av arsen var høyt, slik det er vanlig for bruskfisk, men mesteparten foreligger i form av organiske, ufarlige forbindelser. Samlet sett viser resultatene at kloskate er et næringsrikt og trygt råstoff som kan brukes både til mat og fôr, forutsatt rask og god håndtering etter fangst og tilstrekkelig dokumentasjon av arseninnholdet.

English summary/recommendation:

This study examined the quality development of thorny skates during chilled storage on ice through sensory evaluations, pH measurements, biological data, and comprehensive chemical analyses. The wings maintained good quality during the first two to five days after capture, showing neutral odour, clear mucus and firm texture. After five days, some individuals developed a slight metallic odour and minor changes in surface mucus, although the raw material was still considered acceptable. From day nine onward, a marked deterioration occurred, characterised by strong ammonia odour, discoloured and clumpy mucus, weakened texture and signs of tissue breakdown, rendering the product unsuitable for consumption by day twelve. Chemical analyses showed that the raw material is protein-rich and low in fat, with low levels of biogenic amines, heavy metals and environmental contaminants, all within regulatory limits. Total arsenic levels were high, as commonly found in cartilaginous fish, but were dominated by non-toxic organic arsenic species. Overall, the results indicate that thorny skate is a nutritious and safe raw material suitable for both food and feed applications, provided that handling is rapid and proper, and that arsenic speciation is documented.

Forord

Rapporten «Produksjon av skate: utbytte og lagringskvalitet, og kartlegging av bruksområder for restråstoff og vurdering opp mot grenseverdier for mat/fôr/agn» presenterer delrapport 2 og 3 i FHF-prosjektet «Utnyttelse av skate» med prosjektnummer 901996.

Innhold

1	**Bakgrunn**	**3**
2	**Målsetting**	**4**
3	**Prosjektgjennomføring**	**5**
3.1	Råstoff	5
3.2	Analyser	8
4	**Resultater og diskusjon**	**9**
4.1	Lagringsforsøk av skatevinger på is	9
4.1.1	Sensorisk beskrivelse av skatevingene	9
4.1.2	Biologisk målinger av Kloskate	13
4.2	pH-målinger i muskel	14
4.3	Næringsinnhold og totale aminosyrer	14
4.4	Biogene Aminer	17
4.5	TVN, TMA, TMAO	17
4.6	Miljøgifter og tungmetaller	18
5	**Oppsummering og konklusjon**	**20**
6	**Hovedkonklusjoner**	**22**
7	**Referanser**	**23**

1 Bakgrunn

Fangsten av skate har økt betydelig siden ferskfiskordningen ble innført, fra rundt 220 tonn i 2013/2014-perioden til rundt 1 000–1 200 tonn de siste årene. Skate landes i all hovedsak som bifangst til linefiske etter hyse. Det er en utfordring at skatene i stor grad bringes på land i andre halvår når fisker får ferskfiskbonus, samt at som bifangst i annet fiske leveres ofte kun noen få kg skate i hver fangst. Ifølge Havforskningsinstituttet (2024) har vi 14 skatearter i norske farvann (flekkskate, gråskate, gjøkskate, hvitskate, isskate, kloskate, nebbskate, piggskate, prikkskate, rundskate, sandskate, spisskate, storskate og svartskate), mens Fiskeridirektoratets fangststatistikk opererer med åtte typer skater (gulringskate, piggskate, kloskate, burtonskate, hvitskate, spinytail skate, spisskate og storskate), foruten andre/uspesifisert skate (Isaksen & Dreyer, 2024). Både storskate, nebbskate og svartskate er rødlistet, hvorav de to første anses som kritisk truet, mens svartskate er sårbar (Havforskningsinstituttet, 2021). Sammensetningen av skater som er landet og omsatt viser at den viktigste kategorien skater er «annen skate» som står for 65 % av totalt volum i femårsperioden 2019–2023. Dernest kommer kloskate og gråskate med 14 % hver, og piggskate som står for 3 %. I tillegg synes fangsten av de ulike å variere svært mellom år (390 tonn gråskate ble levert i 2020, mot kun 50 tonn i 2021 og 2022, og for piggskate varierte fangsten fra 172 tonn i 2020 til 3 tonn i 2023). Den kritisk truede storskaten er i Fiskeridirektoratets fangststatistikk, med en gjennomsnittlig årlig fangst på fem tonn de siste fem årene. Den sårbare svartskaten og den kritisk truede nebbskaten glimrer med sitt fravær, og antakelig havner de i sekkeposten «andre» eller «uspesifisert» skate dersom de fanges og landes. Fra blant annet USA og Storbritannia er det kjent at kritisk truede skatearter ofte blir dumpet eller blir levert som uklassifisert skatevinger for å unngå stopp i kommersiell fiske (Curtis & Sosebee, 2015; Morris, 2012; Silva, 2012).

I 2023 ble det landet over 920 tonn skate innafor Norges Råfisklags område. Av dette var 180 tonn registrert som kloskate, 1,5 tonn som storskate og vel 740 tonn (90 %) som «annen skate». Fra januar og fram til midten av oktober i år var det landet vel 452 tonn skate, hvorav hele 418 tonn (80 %) var registrert som «annen skate». Nesten uten unntak er det som er registrert som kloskate levert til et begrenset antall bedrifter i Finnmark, mens de aller fleste mottak benytter kategorien «skate, annen». Det er uklart hvorvidt dette skyldes at det er levert skatearter som ikke er angitt på sluttseddel, eller at mottakene ikke identifiserer art. Sistnevnte kan skyldes at det kan være vanskelig å artsidentifisere skater (Isaksen & Dreyer, 2024). Det er derfor nødvendig å kartlegge hvilke arter som leveres, og identifisere de(n) dominerende art(er).

For å ivareta kvaliteten til skatene ved fangst og landing, er det - som for andre fiskearter - viktig med skånsom behandling og rask kjøling. Skatenes form og størrelse kan imidlertid gjøre dem vanskeligere å håndtere sammenlignet med andre fiskearter. Dette kombinert med lav pris gjør skatene lite lønnsomme ved ilandføring, og konsekvensen kan være at skatene ikke håndteres optimalt. Det vil derfor være nyttig å vurdere om frysing om bord kan være hensiktsmessig. Som annen fisk er skater rik på gunstige næringskomponenter som proteiner, fett, mineraler og vitaminer (Suprapto, 2021; Caglak, 2024). Bruskfisk er iso-osmotisk eller hyperosmotisk og har en kroppsvæske som har lik eller høyere osmolalitet enn vannet de lever i. De viktigste organiske osmolyttene i muskelen til bruskfisk er urea, metylaminer (trimetylaminoksid (TMAO) og betain) og β-aminosyrer (β-alanin og taurin). Det høye innholdet av både urea, metylaminer og β-aminosyrer som kan være til stede i musklene, blodet og organene (Treberg, 2006) kan imidlertid være utfordrende for holdbarheten til skater. Ved nedbrytingen av blant annet urea kan det dannes betydelige mengder med ammoniakk i muskel under kjølelagring (Vynche, 1978; Múgica et al., 2008; Ocaño-Higuera et al., 2011). Likevel har økende verdi av skatevinger globalt, og reduksjon i hvitfiskkvoter, økt interessen for bedre utnyttelse av skater i norsk hvitfisksektor. For å utvikle prosesser, produkter og markeder som gir økt verdiskaping av skate, er det nødvendig å kartlegge sammensetning og kvalitet på ulike fraksjoner i råstoffet.

2 Målsetting

Hovedmål

Kartlegge mulighetene for utnyttelse av skate som fanges ved bifangst.

Delmål for leveranse 2 og 3

1) Avklare viktige prosessparametere som:

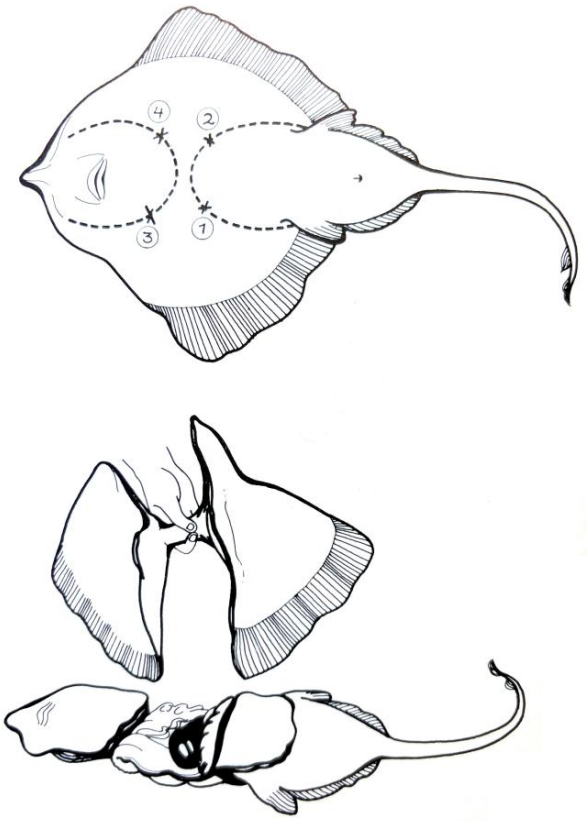
    a) Holdbarhet på is. Mulighet for frysing.
    b) Kvalitet.
    c) Utbytte av vinger, hode, slog og kropp.
    d) Mulighet for maskinell skjæring.
    e) Analysere råstoffet med hensyn til næringsinnhold og miljøgifter.

3 Prosjektgjennomføring

3.1 Råstoff

Som oppsummert i rapporten fra prosjektets arbeidspakke 1 (Isaksen, 2025), er kloskate (*Amblyraja radiata*) den hyppigst forekommende arten i Barentshavet, og kloskate er derfor valgt som råstoff i disse undersøkelsene.

Skate ble hentet fra linebåt i Tromvik lørdag den 29. november 2025 som hadde fangstet i Kattfjorden på Kvaløya. Skatene ble fraktet på is til Nofima i en kontainer før en artsidentifisering etter Lynghammar et al. (2021) ble gjennomført etter levering på Nofima ved dag 0. Lengde, vekt (rund og sløyd) på vinger, mage/tarm, gonader, lever ble registrert etter ankomst til Nofima på dag 0 (se Tabell 3). Det ble også tatt bilder av hel fisk. Vingene ble skåret etter beskrivelse av Pedersen (1989), se Figur 1. Vingene, som i dag er det produktet som spises, ble gjenstand for lagringsforsøk.



Figur 1 Skjæring av skatevinger (Pedersen, 1989). Skatevingene frigjøres ved å snitte fra 1 ut mot bukfinnen mot halerota, fra 2 ut mot bukfinnen mot halerota, snitt fra 1 til 2. Deretter fjernes leveren, og det snittes fra 3 og framover, fra 4 og framover. Deretter frigjøres hodedelen ved snitt fra 3 til 4.

Skatevingene ble videre lagret på is og uttak ble gjennomført etter to, fem, ni og 12 dager. Ved disse uttakene ble følgende gjennomført: skinning av vingene, vurdering av tekstur, spalting, lukt, farge, slim. Bilder av vingene ble også tatt før og etter skinning. pH ble målt i vingen av skaten etter ankomst til Nofima på dag null og etter ni og 12 dager lagring på is. Muskelens pH ble målt med en WTW330/set-1 pH-metre (Wissenscaftliche-Technische Werkstätten, Germany) påmontert en Hamilton double-pore glasselektrode (Hamilton Bonaduz AG,Bonaduz, Switzerland). pH-måleren ble regelmessig kalibrert opp mot buffer pH 4,01 og pH 7,00. Prøver til analyser ble skjært ut og fryst inn på -80 °C ved uttak etter fem, ni og 12 døgn lagring på is.

Bilde 1 Bildene over viser sensorisk vurdering av hel skate og filetering og skinning av skatevinger

I tillegg ble både hel skate og skatevinger fra fem individer samlet og analysert for å vurdere om dette materialet kan brukes direkte til fôr eller som agn. Vingene (hele vinger inkludert brusk) fra to individer ble slått sammen, hakket og deretter vakuumpakket i mindre fraksjoner. De tre resterende skater ble behandlet hele; disse ble samlet, hakket og vakuumpakket. Alle fraksjonene ble deretter frosset ned ved -50 °C før videre analyser.

I prosjektet var det opprinnelig planlagt å gjennomføre analyser på små kloskater med tanke på potensiell bruk som råstoff i fôr. Den tilgjengelige fangsten bestod i hovedsak av fisk med relativt lik størrelse, og det var derfor ikke mulig å gjennomføre størrelsesbaserte analyser slik først ønsket.

På bakgrunn av dette valgte vi å analysere ulike fraksjoner av fisken, hel fisk, vinger og filet, for å undersøke om disse delene skilte seg fra hverandre når det gjelder næringsinnhold, miljøgifter og tungmetaller. Denne tilnærmingen gir et godt grunnlag for å vurdere om bestemte fraksjoner kan være mer egnet enn andre for videre utnyttelse enten i fôrproduksjon eller til humant konsum.

Bilde 2 Bildene over viser kloskate før og etter hakking

3.2 Analyser

For å kartlegge mulige bruksområder for biomassen ble de ulike fraksjonene av kloskate analysert for kjemiske sammensetninger, uønskede kontaminanter og nitrogenholdige forbindelser, med mål om å vurdere både kvalitet og ferskhet. Analysene omfattet tørrstoff, fett, aske og protein, totale aminosyrer, samt totalt flyktig nitrogen (TVN), biogene aminer, trimetylamin (TMA) og TMAO. I tillegg ble innhold av tungmetaller og utvalgte miljøgifter undersøkt.

En fullstendig oversikt over alle analysene med tilhørende referanser er gitt i Tabell 1.

Tabell 1 Oversikt over analyser og analysereferanser

Analyser	Referanse
Totale aminosyrer	Szkudzińska et al., 2017
Vann	ISO 6496
Fett	EC No 152/2009
Aske	ISO 5984
Protein (Kjeldahl)	ISO 5983-2
Biogene aminer	Intern metode (Biolab) basert på IFOMA (Research report number 200-3 September 2000) NMKL 200 Histamin. HPLC-bestemmelse med post-kolonne derivatisering og fluorescensdeteksjon I fisk og fiskeprodukter
TVN	Conway, E.I. et al (1933)
TMAO	Conway, E.I. et al (1933)
TMA	Conway, E.I. et al (1933)
Dioksiner og furaner	US EPA 1613B og CEN/TS 16190, med unntak av kapitlene 10.2.3.1–10.2.3.6.
OB-2b+PCB-6+OB-22, PCB, Dioksinlignende PCB	US EPA 1668A og CEN/TS 16190, med unntak av kapitlene 10.2.3.1–10.2.3.6.
Tungmetaller (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn)	ISO 17294-2:2016

Tabell 2 gir en oversikt over hvilke analyser som er gjennomført på de ulike fraksjonene av kloskate.

Tabell 2 Oversikt over analyser utført på de ulike kloskateprøvene

Råstoff	Aminosyre, totale	MOPA	Biogene aminer	TVN	TMA	TMAO	Miljøgifter	Tungmetaller (arsenspesifisering)
Hel skate	×	×	×	×	×	×	×	× (-)
Skatevinger	×	×	×	×	×	×	×	× (-)
Fileter fra skatevinger, mix	-	-	-	-	-	-	×	× (×)
Filet lagret 5 dager	-	-	-	×	×	×	-	-
Filet lagret 8 dager	-	-	-	×	×	×	-	-
Filet lagret 12 dager	-	-	×	×	×	×	-	-

4 Resultater og diskusjon

4.1 Lagringsforsøk av skatevinger på is

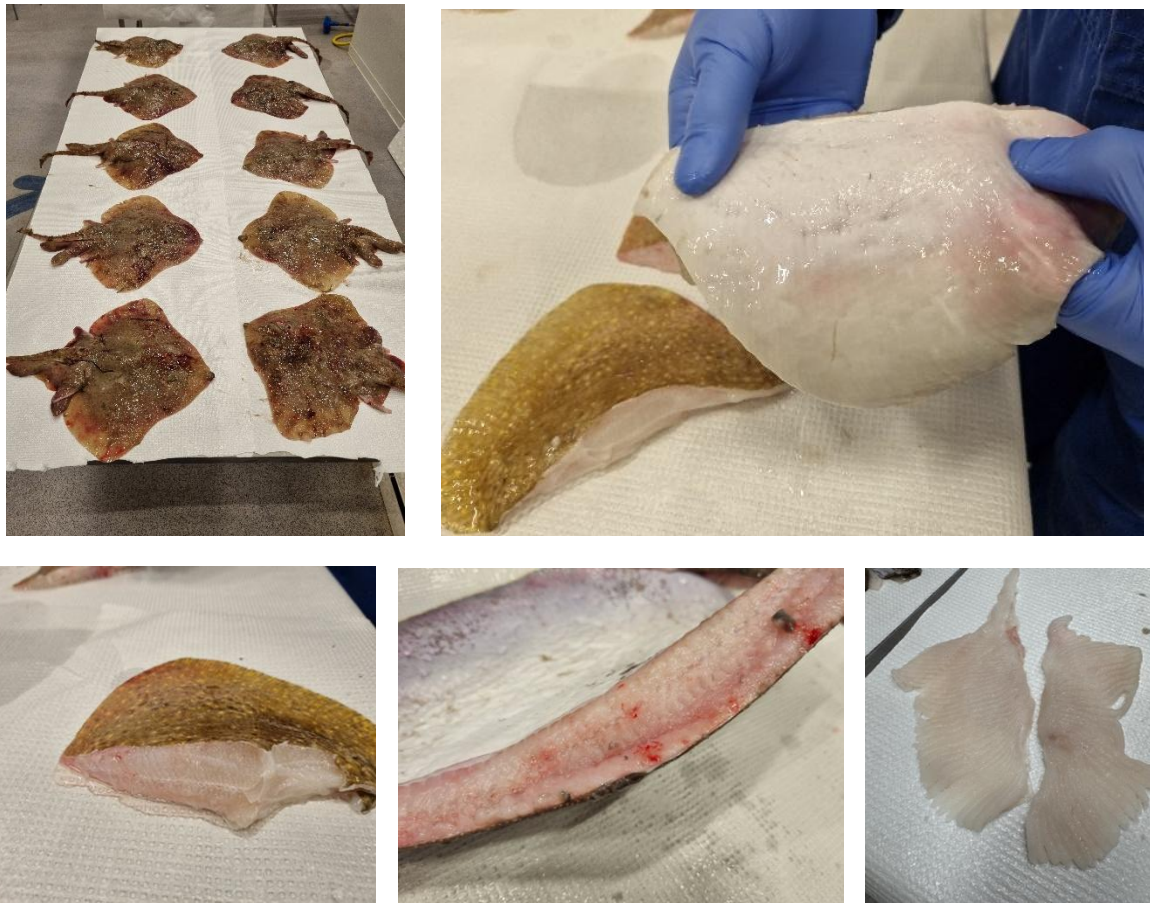
Av bildene ser vi at noen av de runde skatene var noe rødslått på skinnet, noe som kan tyde på belastning under fangst. Skatene var heller ikke bløgget, noe som også kan forårsake rødt skinn og muskel, samt at det vil påvirke den videre lagringsstabiliteten.

Bilde 3 Viser hvordan skatene ble levert fra fiskemottaket til Nofima

4.1.1 Sensorisk beskrivelse av skatevingene

Slim og lukt ble evaluert på skatevingene før de ble skinnet og videre evaluert i forhold til tekstur, gaping, farge og om overflaten var oppløst.

Skatene hadde ved uttak dag 0 en lukt utvendig som ikke var avvikende, og som kunne minne om kveite. Slimet var klart og uten klumper. Det var noe variasjon i blodinnholdet i muskelen på skatene, men selve muskelen hadde jevn og fin farge, god tekstur og ikke spalting kort tid etter levering. Fisken vurderes som godt egnet til konsum.



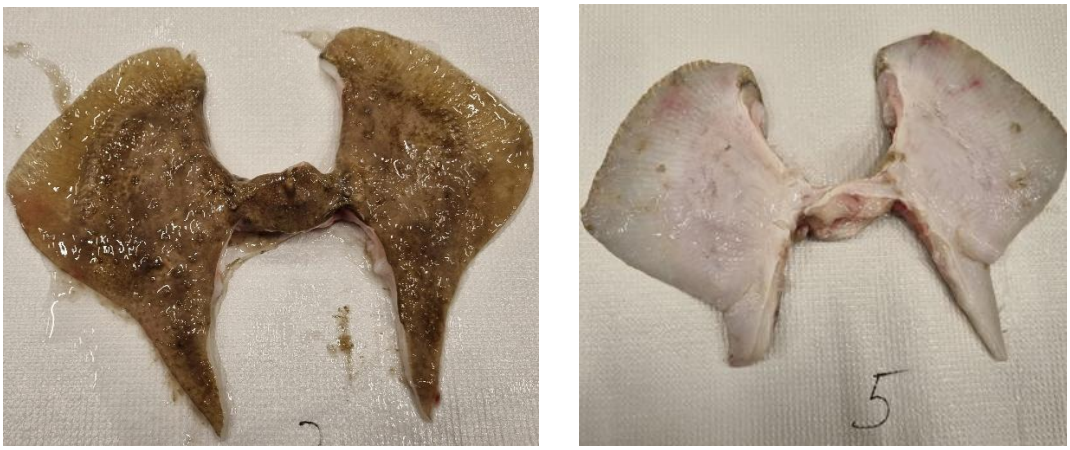
Bilde 4 Bildene over viser skatene ved dag 0. Det var stor variasjon i kvalitet og da spesielt blodinnholdet.

Ved dag 2 ble lukten vurdert som nøytral på hel skate. Slimet hadde en lett blakket farge og viste antydning til klumpdannelse på buken. Lukten på vingene var nøytral, eller luktet veldig svakt av fisk, med unntak av en vinge som luktet av innvoller. Fargen var gråaktig, og teksturen var spenstig og kom tilbake etter trykk. Det var ingen tegn til spalting, og overflaten var ikke oppløst. Kvaliteten av fisken på dag 2 var god.

Bilde 5 Bildene viser over- og undersiden av skatevinger på dag 2. Viser også variasjon i kvalitet på skatevinger etter filetering og skinning.

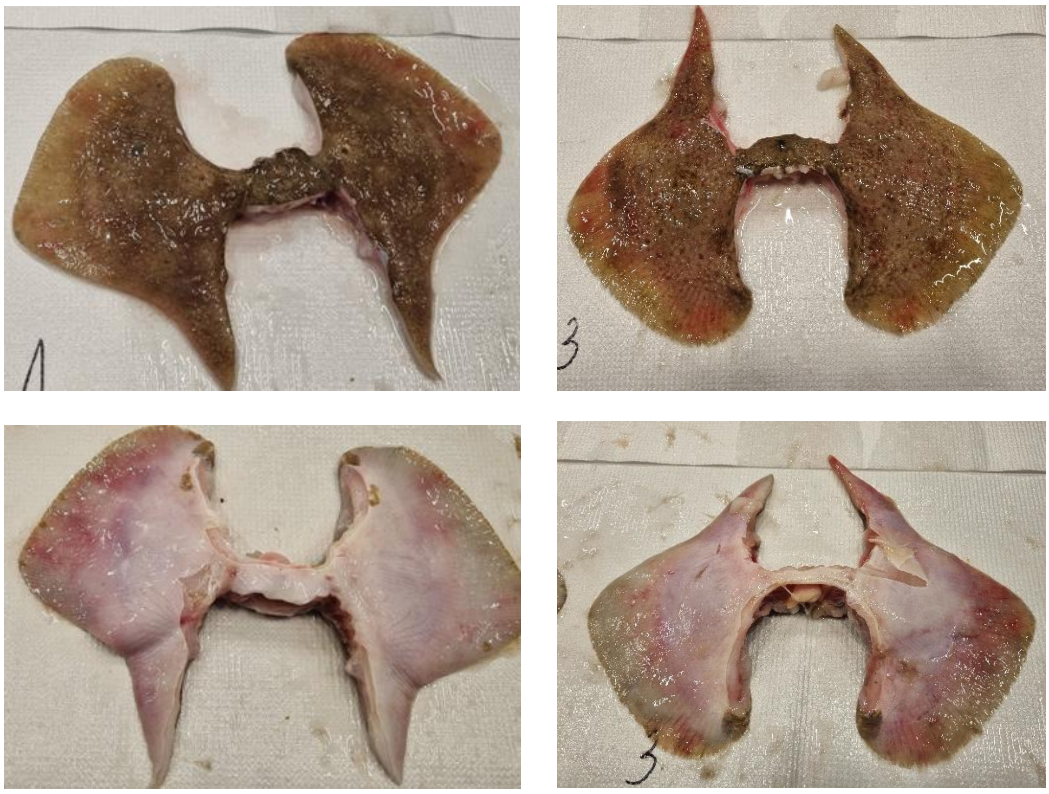
Før skinning på dag 5 var det noe variasjon i lukt mellom skatevingene. Enkelte vinger hadde svært lite lukt, mens andre luktet svakt metallisk. Slimlaget begynte å bli litt avfarget, og enkelte vinger hadde

antydning til hvitt slim. Vingene luktet nøytralt, eller hadde svært svakt fiskelukt. Fargen på muskulaturen var gråaktig, og teksturen var spenstig og med god gjenoppretting etter trykk. Det var ingen spalting av muskulaturen, og overflaten var ikke oppløst. Vingene vurderes samlet sett å ha akseptabel spise-kvalitet.



Bilde 6 Bildene viser over- og undersiden av skate vinger på dag 5

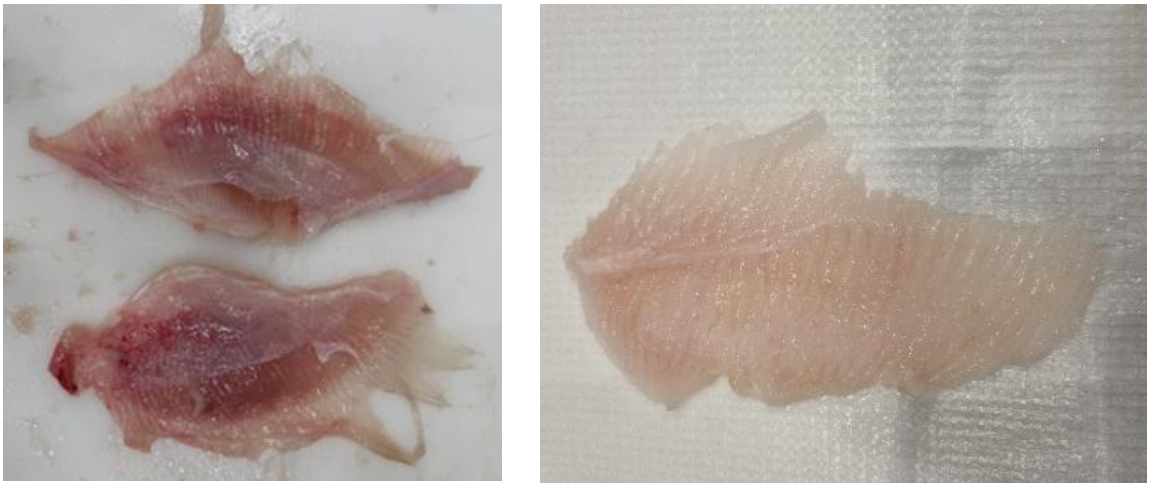
Før skinning på dag 9 luktet vingene kraftig av ammoniakk. Slimlaget viste stor variasjon i både farge og konsistens. Oversiden av vingene hadde ulik intensitet av brunt og hvit klumpete slim, mens undersiden var dekket av et mer melkeaktig slimlag. Vingene luktet ammoniakk, og teksturen var bløt selv om kjøttet fortsatt hang sammen. Overflaten er delvis oppløst. Den sensoriske vurderingen konkluderte med at produktet hadde uakseptabel spisekvalitet, hovedsakelig på grunn av den sterke ammoniakklukten.



Bilde 7 Bildene over viser tydelig variasjon i utseende på skatevinger etter 9 dagers lagring

Før skinning på dag 12 så lukter fem av syv skater ammoniakk i varierende intensitet. De to resterende skatene hadde avvikende lukt som gikk mot gjær, sopp og mugg. Slimet varierte mellom skatevingene, men det var brunt og klumpete i ulik grad. Filetene luktet dårlig, og kvaliteten vurderes som uakseptabel for konsum.

Bilde 8 Bildene viser skatevinger etter 12 dagers lagring, der det kommer frem betydelig variasjon i utseende mellom individene. Dette indikerer at forskjellig utgangskvalitet gir følger for kvaliteten under lagring.



Bilde 9 Bildene over viser fileterte og skinnede skatevinger på dag 12, der det kommer frem betydelig variasjon i både blodinnhold og visuelt utseende. Til tross for disse forskjellene er fisken vurdert som uegnet til konsum på grunn av tydelig avvikende lukt.

4.1.2 Biologisk målinger av Kloskate

Tabell 3 viser de biologiske målingene av kloskate ved dag 0. For ti individer ble totallengde og totalvekt registrert, i tillegg til vekten av vinger, hode, innmat og hale. Levervekt ble målt for seks av individene. Filet ble skåret manuelt fra syv skatevinger.

Tabell 3 Biologiske målinger og utbytte på kloskate ved dag 0

	Lengde (cm)	Vekt (kg)	Utbytte (%)
		Gjennomsnitt (standardavvik)	
Hel fisk*	51,6 (0,9)	1,17 (0,1)	100
Vinger*	-	0,46 (0,05)	39,2
Hode*	-	0,22 (0,02)	18,7
Innmat*	-	0,12 (0,02)	9,9
Hale*	-	0,33 (0,03)	28,2
Lever**	-	0,05 (0,02)	4
Filetutbytte fra skatevinger***		0,168 (0,03)	37,2

*N=10, **N=6, ***N=7

Bilde 10 Bildene over viser en hel kloskate samt prosess-stegene: vinger før skinning, vinger etter skinning og filetering, og rester som står igjen etter at vingene er skåret ut.

4.2 pH-målinger i muskel

Tabell 4 viser gjennomsnittsverdiene for pH-målinger av sju skatevinger etter lagring ved dag 0, 9 og 12

Dager	0	9	12
pH muskel	6,9 (0,3)	7,4 (1,1)	7,4 (0,4)

pH økte fra måling dag 0 til dag 9, da den flatet ut videre frem til dag 12. Økningen reflekterer trolig begynnende nedbrytning av nitrogenholdige forbindelser, mens utjevningen etter dag 9 indikerer at pH-utviklingen har nådd et platå under de gitte lagringsforholdene.

4.3 Næringsinnhold og totale aminosyrer

Kloskatevinger, -filet og hel skate er et næringsrikt råstoff med et høyt proteininnhold. For hel fisk er proteininnholdet estimert til cirka 87 %, ved bruk av Kjeldahl (Tabell 5), og 63 %, ved bruk av sum aminosyrer, på tørrstoffbasis (Tabell 8). For skatevinger er proteininnholdet estimert til cirka 92 %, ved bruk av Kjeldahl (Tabell 6), og 66 %, ved bruk av sum aminosyrer, på tørrstoffbasis (Tabell 9). For filet fra kloskate er proteininnholdet estimert til cirka 110 %, ved bruk av Kjeldahl (Tabell 7), og 75 %, ved bruk av sum aminosyrer, på tørrstoffbasis (Tabell 10). Summen av totale aminosyrer er det mest nøyaktige estimatet for proteininnhold i et produkt (Mæhre, 2018), og nivåene av totale aminosyrer (Tabell 8, 9 og 10) var lavere enn Kjeldahl-protein i prøvene (Tabell 5, 6 og 7). Dette er forventet når man bruker proteinfaktoren 6,25 i Kjeldahl-analysen som ofte benyttes for proteinberegning i matvarer, men som tidligere har vist seg å være unøyaktig for fiskefraksjoner (Aspevik, 2021). For å få et mer nøyaktig bilde av proteininnholdet har vi estimert nitrogen-til-proteinfaktoren spesifikt for dette råstoffet, basert på Sriperm (2011). Beregningene for hel liten kloskate viser en faktor på 4,95, som avviker betydelig fra den generelle standardfaktoren på 6,25. Dette indikerer at kloskate har en relativt høy andel ikke-proteinbundet nitrogen, noe som bør tas i betraktning ved vurdering av råstoffets ernæringsmessige og funksjonelle egenskaper. Resultatene bekrefter at filet har lavest innhold av fett og aske, men høyest proteininnhold (Tabell 7). Aminosyresammensetningen (Tabell 10) viser at filet har høyest andel essensielle aminosyrer (WHO/FAO/UNU, 2007) sammenlignet med skatevinger og hel fisk (Tabell 8 og 9). Skatevinger (Tabell 6) inneholder en høyere andel fett, samt en del brusk og det reflekteres også i analyseresultatene. Askeinnholdet er noe høyere pga. mineraler i brusk og aminosyresammensetningen (Tabell 9) viser høyest innhold av aminosyren hydroxyprolin som er en klassisk kollagenmarkør. Hel skate (Tabell 8) inneholder også en del hydroxyprolin, mens filet ikke inneholdt påvisbar mengde hydroxyprolin. Hel fisk (Tabell 5) inneholder høyest andel fett (1,5 % våtvekt), men er fortsatt karakterisert som et magert råstoff.

Tabell 5 Kjemisk sammensetning av kloskate, hel fisk

Analyse	Råstoff (%)	Råstoff TS-basis
Råprotein (Kjeldahl)*	15,6	87,6
Råprotein (Kjeldahl)**	12,4	69,7
Aske	2,3	13,4
Vann	82,2	-
Fett (Bligh_Dyer)	1,5	8,4

*Beregnet med proteinfaktor 6,25, ** Beregnet med proteinfaktor 4,95

Tabell 6 Kjemisk sammensetning av kloskate, skatevinger

Analyse	Råstoff (%)	Råstoff TS-basis
Råprotein (Kjeldahl)*	16,7	92,8
Råprotein (Kjeldahl)**	13,2	73,3
Aske	2,6	14,4
Vann	82,0	-
Fett (Bligh_Dyer)	1,0	5,6

*Beregnet med proteinfaktor 6,25, ** Beregnet med proteinfaktor 4,95

Tabell 7 Kjemisk sammensetning av kloskate, skatefilet,

Analyse	Råstoff (%)	Råstoff TS-basis
Råprotein (Kjeldahl)*	20,1	110,4
Råprotein (Kjeldahl)**	15,9	87,4
Aske	1,1	6,0
Vann	81,8	-
Fett (Bligh_Dyer)	0,9	4,9

*Beregnet med proteinfaktor 6,25, ** Beregnet med proteinfaktor 4,95

Tabell 8 Totale aminosyrer i kloskate, hel fisk

Aminosyre	Råstoff (g/100 g)	Råstoff TS-basis (g/100 g)	%-vis fordeling
Asparginsyre	1,1	6,18	9,77 %
Glutaminsyre	1,6	8,99	14,21 %
Hydroksyprolin	0,17	0,96	1,51 %
Serin	0,54	3,03	4,80 %
Glycin	0,81	4,55	7,19 %
Histidin	0,24	1,35	2,13 %
Arginin	0,74	4,16	6,57 %
Treonin	0,55	3,09	4,88 %
Alanin	0,68	3,82	6,04 %
Prolin	0,68	3,82	6,04 %
Tyrosin	0,38	2,13	3,37 %
Valin	0,54	3,03	4,80 %
Metionin	0,34	1,91	3,02 %
Isoleucin	0,56	3,15	4,97 %
Leucin	0,92	5,17	8,17 %
Fenylalanin	0,49	2,75	4,35 %
Lysin	0,92	5,17	8,17 %
Totalt AA	**11,26**	**63,26**	**100 %**

Tabell 9 Totale aminosyrer i kloskate, skatevinger

Aminosyre	Råstoff (g/100 g)	Råstoff TS-basis (g/100 g)	%-vis fordeling
Asparginsyre	1,1	6,11	9,23 %
Glutaminsyre	1,8	10,00	15,10 %
Hydroksyprolin	0,2	1,11	1,68 %
Serin	0,56	3,11	4,70 %
Glycin	0,89	4,94	7,47 %
Histidin	0,26	1,44	2,18 %
Arginin	0,78	4,33	6,54 %
Treonin	0,58	3,22	4,87 %
Alanin	0,72	4,00	6,04 %
Prolin	0,68	3,78	5,70 %
Tyrosin	0,38	2,11	3,19 %
Valin	0,57	3,17	4,78 %
Metionin	0,35	1,94	2,94 %
Isoleucin	0,59	3,28	4,95 %
Leucin	0,98	5,44	8,22 %
Fenylalanin	0,51	2,83	4,28 %
Lysin	0,97	5,39	8,14 %
Totalt AA	**11,92**	**66,22**	**100 %**

Tabell 10 Totale aminosyrer i skatefilet fra kloskate

Aminosyre	Råstoff (g/100 g)	Råstoff TS-basis (g/100 g)	%-vis fordeling
Asparginsyre	1,4	7,69	10,15 %
Glutaminsyre	2,0	10,99	14,50 %
Hydroksyprolin	<0,10	0,00	0,00 %
Serin	0,61	3,35	4,42 %
Glycin	0,63	3,46	4,57 %
Histidin	0,31	1,70	2,25 %
Arginin	0,87	4,78	6,31 %
Treonin	0,69	3,79	5,00 %
Alanin	0,78	4,29	5,66 %
Prolin	0,91	5,00	6,60 %
Tyrosin	0,48	2,64	3,48 %
Valin	0,68	3,74	4,93 %
Metionin	0,44	2,42	3,19 %
Isoleucin	0,76	4,18	5,51 %
Leucin	1,3	7,14	9,43 %
Fenylalanin	0,63	3,46	4,57 %
Lysin	1,3	7,14	9,43 %
Totalt AA	**13,79**	**75,77**	**100 %**

4.4 Biogene Aminer

Forekomsten av biogene aminer i fersk fisk og fiskeprodukter utgjør en betydelig mattrygghetsutfordring. Inntak av histamin er identifisert som den utløsende årsaken til flere matforgiftningstilfeller hvert år. I tillegg er kadaverin, putrescin og tyramin kjent for å forsterke effekten av histaminforgiftning. Opphopning av biogene aminer i fersk fisk og fiskeprodukter skyldes hovedsakelig vekst av bakterier som har aminosyredekarboksylaseaktivitet, noe som fremmes av manglende hygieniske forhold og utilstrekkelig temperaturkontroll under lagring.

Histamin er det eneste biogene aminet som er regulert med fastsatte grenseverdier i mat. Norge følger EUs harmoniserte regelverk, der histamin inngår som et mikrobiologisk/kjemisk kriterium i fiskerivarer gjennom Regulering EC 2073/2005 om mikrobiologiske kriterier for næringsmidler.

Fraksjoner av kloskate som er direkte fryst etter prosessering ble analysert for biogene aminer (Tabell 11), og analyseresultater for biogene aminer for kloskatefileter lagret i 12 dager på is er beskrevet i Tabell 12. Nivåene i de ulike kloskatefraksjonene er svært lave eller ikke målbare.

Tabell 11 Biogene aminer (tyramin, putrescin, cadaverin, histamin) av ulike skatefraksjoner

Parameter	Hel fisk (mg/kg)	Skatevinger (mg/kg)	Skatefilet (mg/kg)*	Grenseverdi (mg/kg)
Tyramin	<2,0	<2,0	<2,0	-
Putrescin	4,4	2,4	<2,0	-
Kadaverin	<2,0	<2,0	<2,0	-
Histamin	<2,0	<2,0	<2,0	100

**N=5*

Tabell 12 Biogene aminer (tyramin, putrescin, cadaverin, histamin) av ulike skatefileter lagret på is i 12 dager.

Parameter	Prøve 1	Prøve 2	Prøve 3	Prøve 4
Tyramin	<2	<2	<2	<2
Putrescin	<2	2,2	<2	<2
Cadaverin	<2	<2	<2	<2
Histamin	<2	<2	<2	<2

4.5 TVN, TMA, TMAO

TMAO er en naturlig forekommende forbindelse i levende fisk, og bruskfisk har et naturlig høyt nivå av denne forbindelsen (Yancey, 1985). Det er dokumentert at skate ofte ligger på et nivå mellom 85-340 mg/100g (Kelley & Yancey, 1999). Etter fangst kan bakterier som finnes naturlig på fiskens skinn, i tarmsystemet og i sjøvann, bryte ned TMAO til TMA. Mengden TMA som dannes reflekterer aktiviteten til forråtnelsesbakterier i fiskekjøttet og brukes derfor som en ferskhetsindikator. Det finnes ingen fastsatte grenseverdier for TMA i fiskeprodukter, kun veiledende nivåer (Etienne, 2005). Det er foreslått at TMA-verdier mellom 5 og 10 mg per 100 g bør betraktes som maksimumsnivå i internasjonal handel (FAO 1994). Nivåene i kloskatefraksjonene som er analysert her, både fraksjoner og gjennom lagringsforløpet (Tabell 13 og Tabell 14) er under deteksjonsgrensen for analysen og er derfor ikke målbare.

TVN er et samlekriterium for flyktige, basiske nitrogenforbindelser, hovedsakelig ammoniakk, TMA og dimetylamin, som dannes i fisk som følge av autolytiske og mikrobielle nedbrytningsprosesser. Økende TVN-verdier benyttes som en generell indikator på tap av ferskhet og pågående kvalitetsforringelse i fisk og fiskeprodukter. Kommisjonsforordning (EF) nr. 1022/2008 fastsetter maksimumsgrenser for TVN

i visse ubehandlede fiskeprodukter. Grenseverdiene varierer typisk mellom 25, 30 og 35 mg nitrogen per 100 g muskel, avhengig av art og produktkategori. Det finnes ingen formelle EU-fastsatte grenseverdier for TVN i råstoff til fôr, men fôrindustrien bruker praktiske kvalitetskriterier der verdier under 40 mg nitrogen per 100 g anses som akseptabelt (Acceptance guideline raw materials in feed factory, 2024). Tabell 13 viser at konsentrasjonen av TVN ligger godt under gjeldende grenseverdier for to av kloskatefraksjonene som ble prosessert og fryst ned direkte. Her har hel kloskate en TVN-verdi målt til 25 mg/100 g, noe som indikerer begynnende kvalitetsforringelse, men som fortsatt ligger innenfor kvalitetskriterier for bruk i fôr.

Tabell 13 Total flyktig nitrogen (TVN), Trimetylamin (TMA), Trimetylaminoksid (TMAO) av ulike kloskatefraksjoner

Parameter	Hel fisk (mg/100g)	Skatevinger (mg/100 g)	Skatefilet (mg/100g)*
TVN	25	15	6
TMA	<1,0	<1,0	<1,0
TMAO	34	35	110

**N=5*

TVN-verdiene for skatevingene økte jevnt gjennom hele lagringsperioden på is (Tabell 14). Etter 12 dagers lagring var TVN-nivået målt til 28 (±16) mg per 100 g muskel, noe som ligger nær grenseverdien og indikerer begynnende kvalitetsforringelse.

Tabell 14 Gjennomsnittsverdier for Total flyktig nitrogen (TVN), Trimetylamin (TMA), Trimetylamin oksid (TMAO) i kloskatevinger etter lagring på is etter 5, 9 og 12 dager.

Parameter	Dag 5 (mg/100g)**	Dag 9 (mg/100g)***	Dag 12 (mg/100g)***
		Gjennomsnitt (standardavvik)	
TVN	5 (1)	15 (3)	28 (16)
TMA	<1,0	<1,0	<1,0
TMAO	90 (21)	88 (10)	104 (31)

*** N=5, ***N=4*

4.6 Miljøgifter og tungmetaller

Miljøforurensningene og tungmetallene som ble påvist i kloskatefraksjonene, er presentert i Tabell 15 og Tabell 16. Tabell 17 viser gjeldende grenseverdier for fremmedstoffer i humankonsum, fullfôr til fisk og som fôrmiddel i fiskemel. Nivåene av miljøforurensninger var gjennomgående lave og ligger betydelig under de relevante grenseverdiene både for humant konsum og fôr. Konsentrasjonene av tungmetallene kvikksølv (Hg), bly (Pb) og kadmium (Cd) var også innenfor akseptable nivåer for alle fraksjoner av kloskate som ble analysert.

Det ble påvist svært høye totalverdier av arsen i alle analyserte kloskatefraksjoner. Analysen av arsen viser imidlertid kun totalinnholdet og skiller ikke mellom organiske og uorganiske former. Det er kjent at omlag 97–99 % av arsen i fisk og annen sjømat forekommer som organiske forbindelser, som ikke anses som helsefarlige for verken mennesker eller fisk (Cubadda, 2017). For å avklare andelen uorganisk arsen ble skatefilet analysert for arsenspesifisering. Resultatene viser at uorganisk arsen ikke er målbar i prøven (Tabell 16), og nivået ligger dermed godt under grenseverdien for uorganisk arsen i produkter til humant konsum (0,5 mg/kg; se Tabell 17).

Tabell 15 Oversikt over nivå av miljøgifter i ulike fraksjoner av kloskate

Stoff	Skatevinger	Hel fisk	Skatefilet*
Sum av dioxiner (WHO-PCDD/F-TEQ) teq upperbound (pg/gram w/w)	0,18	0,37	0,15
Sum av dioxiner og dioxinlignende PCBs (WHO-PCDD/F-PCB-TEQ) (pg/gram w/w)	0,13	0,15	0,13
Sum PCB6 (ng/gram w/w)	0,57	1,6	0,98

**N=5*

Tabell 16 Oversikt over nivå av tungmetaller i ulike fraksjoner av kloskate

Parameter	Skatevinger (mg/kg)	Hel fisk(mg/kg)	Skatefilet (mg/kg)*
Bly (Pb)	0,0764	0,0774	<0,01
Kadmium (Cd)	0,00699	0,0471	<0,002
Kvikksølv (Hg)	0,0692	0,0610	0,0842
Arsen (As)	57,9	56,4	100
Uorganisk arsen (iAs)	-	-	<0,1

**N=5*

Tabell 17 Oversikt over grenseverdier for fremmedstoffer i humankonsum, fullfôr til fisk og som fôrmiddel i fiskemel

Fremmedstoff	Grenseverdi humankonsum (mg/kg våtvekt)*	Fullfôr til fisk (mg/kg våtvekt)***	Fôrmidler Fiskemel (mg/kg våtvekt)***
Bly (Pb)	0,3	5	10
Kadmium (Cd)	0,05	1	2
Kvikksølv (Hg)	0,5	0,2	0,5
Arsen (As)	0,5**	10	25
Sum av dioxiner (WHO-PCDD/F-TEQ) teq upperbound (pg/gram w/w)	3,5	1,75	5,0
Sum av dioxiner og dioxinlignende PCBs (WHO-PCDD/F-PCB-TEQ) (pg/gram w/w)	6,5	5,5	20
Sum PCB6 (ng/gram w/w)	75	40	175

* Regulation - 2023/915 - EN - EUR-Lex **uorganisk arsen Commission Regulation (EU) 2025/1891 ***EUR-Lex - 02002L0032-20191128 - EN - EUR-Lex

5 Oppsummering og konklusjon

Lagringsforsøket i denne studien undersøkte kvalitetsutviklingen i kloskate under 12 dagers lagring på is gjennom sensoriske vurderinger, pH-målinger, biologiske målinger og kjemiske analyser. Formålet var å kartlegge endringer i lukt, slim, tekstur, farge og filetkvalitet, samt å relatere disse observasjonene til relevante kvalitetsparametere som pH og nitrogenholdige forbindelser. Samtidig ønsket vi å se om kloskate egner seg til humant konsum, fôr og agn.

Ved oppstart (dag 0) fremstod skatene som ferske med nøytral, kveitelignende lukt, klart slim, fast tekstur og uten spalting, selv om det ble observert variasjon i blodinnhold mellom individer. Dag 2 viste fortsatt nøytral lukt og kun lett blakking av slimlaget, og kvaliteten ble vurdert som god. Innen dag 5 utviklet enkelte vinger svak metallisk lukt og avfarget eller hvitt slim, men samlet sett ble kvaliteten fortsatt vurdert som akseptabel. Ved dag 9 var det skjedd et markant kvalitetsfall hvor ammoniakklukt dominerte, slimlaget var misfarget og delvis klumpete, teksturen tydelig svekket og overflaten viste tegn til oppløsning. Ved dag 12 var både ammoniakklukt og andre avvikende lukter (gjær, sopp, mugg) tydelige, og produktene var sensorisk uegnet for konsum. Variasjonen mellom individene gjennom lagringsperioden gjenspeilet ulik utgangskvalitet som trolig skyldes forskjeller i fangst- og håndterings-praksis.

De sensoriske funnene ble støttet av utviklingen i pH og nitrogenholdige forbindelser. pH økte fra 6,9 ved dag 0 til 7,4 ved dag 9 og forble stabil mot dag 12. Total flyktig nitrogen (TVN) steg fra 5 mg/100 g ved dag 5 til 28 mg/100 g ved dag 12, nær øvre grense for akseptabel kvalitet for denne typen fisk. TMA-nivåene forble lave (<1 mg/100 g). Utbyttemålinger viste at gjennomsnittsvekten på skatene var 1,17 kg, hvor vinger utgjorde 39,2 %, hode 18,7 %, innmat 9,9 %, hale 28,2 % og lever 4 %, mens filetutbyttet fra skatevinger var 37,2 %.

De kjemiske analysene av råstoffet viser at kloskate er et næringsrikt materiale med høyt proteininnhold og lavt fettinnhold, og dermed egnet både til humant konsum og som ingrediens i fôr. Biogene aminer, inkludert histamin, ble målt til svært lave nivåer eller under deteksjonsgrense i alle fraksjoner og lå langt under grenseverdiene for mattrygghet. Ferskhetsparametere som TVN, TMA og TMAO i fryste prøver lå innenfor akseptable nivåer for både mat og fôr. Innholdet av tungmetaller og miljøgifter, inkludert kvikksølv, bly, kadmium, PCB og dioksiner, var lavt og godt innenfor gjeldende regelverk. Totalinnholdet av arsen var høyt, slik det er vanlig i fisk og særlig i bruskfisk, og analyseverdiene viser at arseninnholdet er i form av organisk arsen som ikke anses som helsefarlige for mennesker eller fisk.

Samlet viser funnene at kloskate er et trygt og næringsrikt råstoff med gode forutsetninger for bruk både til mat og fôr når det håndteres korrekt og fryses raskt etter fangst. Resultatene bygger imidlertid på undersøkelser av én enkelt fangst og ett lagringsforsøk, og kan derfor ikke uten videre generaliseres til å gjelde all kloskate eller andre fangst- og lagringsforhold.

Lagringsstudien viser at holdbarheten på is er relativt kort, med god kvalitet de første 2–5 dagene, tydelig kvalitetsnedgang etter dag 5 og uegnethet til konsum innen dag 12. Dette er kortere enn de minst 15 dagene Ocaño-Higuera (2010) rapporterte som akseptabel holdbarhet for skatevinger på is. I vårt materiale ser kvalitetstapet og den sensoriske vurderingen av spisbarhet ut til i hovedsak å være styrt av dannelsen av ammoniakk og andre nitrogenholdige flyktige forbindelser. Forhold knyttet til fangst og fangsthåndtering kan også ha bidratt til det observerte kvalitetstapet, noe som ytterligere understreker behovet for flere og mer representative lagringsstudier.

Prosjektet omfattet også en vurdering av skates egnethet for frysing og filetering. Når det gjelder frysing, framkom det ingen forhold som tilsier at skate ikke er egnet for dette. Som for andre fiskearter vil tidlig innfrysing etter fangst være fordelaktig for å bevare kvaliteten best mulig. Samtidig indikerer studien at

skate har relativt kort holdbarhet under islagring, og at lagring på is før innfrysing vil kunne medføre irreversibelt kvalitetstap.

Innfrysning bør derfor helst gjøres om bord eller kort tid etter levering. Før innfrysing vil det være gunstig å fjerne innvollene, ettersom disse kan bidra til uønsket lukt og redusert kvalitet ved tining og videre prosessering. Dette innebærer at vingene bør skjæres av skaten før innfrysing. Siden det ikke ser ut til å være kommersielt tilgjengelige maskiner for sløying av skate, må dette arbeidet utføres manuelt. Det finnes maskiner for skinning av skatevinger, men det er ikke funnet filetmaskiner til skate. Dermed må også filetering gjennomføres for hånd. Slike manuelle operasjoner er både tid- og kostnadskrevende.

Utvikling av spesialiserte maskiner vil trolig være økonomisk utfordrende gitt dagens markedspris for skate. En verdiøkning på skate vil sannsynligvis være nødvendig for at slike investeringer skal bli økonomisk forsvarlige. Samtidig er tilgangen på skate begrenset, og enkelte arter er rødlistet, noe som ytterligere kompliserer muligheten for å øke verdien i markedet. På den annen side kan reduserte fiskekvoter gi økt tilgang på arbeidskraft som kan benyttes til manuelt arbeid i foredlingsleddet.

Det bør derfor gjennomføres et målrettet arbeid for å identifisere og utvikle markeder hvor skate kan oppnå en høyere pris, slik at både manuell arbeidsinnsats og eventuelle investeringer i utviklingen av maskiner kan bli økonomisk bærekraftige.

6 Hovedkonklusjoner

- Skatevinger har i dette forsøket begrenset holdbarhet på is (5–7 dager) før lukt og kvalitet forringes.
- Råstoffet har høyt proteininnhold og potensial for utnyttelse som mat, fôringrediens og agn.
- Ingen utfordringer knyttet til miljøgifter eller tungmetaller.
- Det er behov for bedre artsidentifisering og mulig vurdering av frysing om bord

7 Referanser

Acceptance guideline raw materials in feed factory (2024). H&N International 1º Edition 2024. 06_0824-Raw-Materials-animal-protein.pdf

Aspevik, T., Steinsholm, S., Vang, B., Carlehög, M., Arnesen, J.A. & Kousoulaki, K. (2021). Nutritional and sensory properties of protein hydrolysates based on Salmon (*Salmo salar*), mackerel (*Scomber scombrus*), and herring (*Clupea harengus*) heads and backbones. *Front. Nutr.* 8:8. https://doi.org/10.3389/fnut.2021.695151

Caglak, E., Ogretmen, O.Y. & Karsli, B. (2024). The effect of pomegranate peel extract added as a natural preservative on the quality parameters of thornback ray (*Raja clavata*) sausages stored at +4°C. *Food Science & Nutrition*, **12**:8, 6011–6021. https://doi.org/10.1002/fsn3.4207

Conway, E.I. & Byrne, A. (1933). An absorption apparatur for the micro etermination of certain volatile substances. *Biochem. J.*, **27**, 419–429. doi: 10.1042/bj0300716

Cubadda, F., Jackson, B.P., Cottingham, K.L., Van Horne, Y.O. & Kurzius-Spencer, M (2017). Human exposure to dietary inorganic arsenic and other arsenic species: State of knowledge, gaps and uncertainties. *Science of The Total Environment,* **579**, 1228–1239. 10.1016/j.scitotenv.2016.11.108

Curtis, T. H., & Sosebee, K.A. (2015). Landings composition of the Northeast US skate, Rajidae, wing fishery and the effectiveness of prohibited species regulations. *Marine Fisheries Review*, **77**:4, 1–8. DOI:10.7755/MFR.77.4.1

Etienne, M. (2005). Volatile amines as criteria for chemical quality assessment. Seafood Plus. Volatile amines as criteria for chemical quality assessment

FAO (1994). Johnston, W.A., Nicholson, F.J., Roger, A. & Stroud, G.D. Freezing and refrigerated storage in fisheries. FAO FISHERIES TECHNICAL PAPER- 340 FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Freezing and refrigerated storage in fisheries - Table of Contents

Havforskningsinsituttet (2021). Rødlista 2021: Pigghåen er fortsatt utsatt, men det går bedre. https://www.hi.no/hi/nyheter/2021/november/rodlista-2021-pigghaen-er-fortsatt-utsatt-men-det-gar-bedre. hentet 26.01.2026.

Havforskningsinstituttet (2024). Tema: Skater. Skater | Havforskningsinstituttet, hentet 26.01.2026.

Isaksen, J.R. (2025) Utnyttelse av skater – Delrapport 1: Landingsmønster skater. Rapport 16/2025, Nofima, Tromsø. Utnyttelse av skater – Delrapport 1: Landingsmønster skater - Nasjonalt vitenarkiv

Isaksen, J.R, & Dreyer, B. (2024). Ferskfiskordningen. En ny evaluering. Rapport 2/2024, Nofima, Tromsø. https://nofima.brage.unit.no/nofima-xmlui/handle/11250/3115676

Kelley R.H. & Yancey P.H. (1999). High contents of trimethylamine oxide correlating with depth in deep-sea teleost fishes, skates, and decapod crustaceans. Biology Bulletin, 196 18- 25. DOI: 10.2307/1543162

Lynghammar, A., Myrlund, M.K., Wienerroither, R., Bjelland, O., Vollen, T. & Junge, C. (2021). Identifikasjonsguide for skater i norske farvann. Havforskningsinstituttet.

Morris, D.S. (2012). Northeast multispecies fishery management plan, southern New England skate bait trawl exemption area environmental assessment regulatory impact review initial regulatory flexibility analysis. Corporate Authors(s): United States, National Marine Fisheries Service., Northeast Region; United States, National Oceanic and Atmospheric Administration., Office of Program Planning and Integration. https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/19731

Múgica, B., Barros-Velázquez, J., Miranda, J.M. & Aubourg, S.P. (2008). Evaluation of a slurry ice system for the commercialization of ray (*Raja clavata*): Effects on spoilage mechanisms directly affecting quality loss and shelflife. *LWT-Food Science and Technology*, **41**:6, 974–981. DOI:10.1016/j.lwt.2007.06.017

Mæhre, H.K., Dalheim, L., Edvinsen, G., Elvevoll, E. & Jensen, I.J. (2018). Protein determination-method matters. *Food Secur.,* **7**:5. doi: 10.3390/foods7010005

Norambuena, F., Lewis, M., Hamid, N.K.A, Hermon, K., Donald, J.A. & Turchini, G.M. (2013). Fish Oil Replacement in Current Aquaculture Feed: Is Cholesterol a Hidden Treasure for Fish Nutrition?. *PLOS One*. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0081705

Ocaño-Higuera, V. M., Maeda-Martínez, A. N., Marquez-Ríos, E., Canizales-Rodríguez, D. F., Castillo-Yáñez, F. J., Ruíz-Bustos, E., ... & Plascencia-Jatomea, M. (2011). Freshness assessment of ray fish stored in ice by biochemical, chemical and physical methods. *Food chemistry*, **125**:1, 49–54. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.08.034

Regulering EC 2073/2005 EUR-Lex - 02005R2073-20200308 - EN - EUR-Lex

Silva, J.F., Ellis, J.R. & Catchpole, T.L. (2012). Species composition of skates (Rajidae) in commercial fisheries around the British Isles and their discarding patterns. *J. Fish Biol.*, **80**:5, 1678–1703. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2012.03247

Suprapto, H., Kumalaningsi, S., Wignyanto, W., Santoso, I. & Sucipto, S. (2021). Optimization of stingray (Trygon sephen) smoking to extend shelf life and consumer preferences using response surface methodology. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science,* **733** (2021) 012114, doi: 10.1088/1755-1315/733/1/012114

Szkudzińska, K., Smutniak, I., Rubaj, J., Korol, W. & Bielecka, G. (2017). Method validation for determination of amino acids in feed by UPLC. *Accreditation and Quality Assurance*, **22**:5, 247–252. https://doi.org/10.1007/s00769-017-1281-9

Treberg, J.R., Speers-Roesch, B., Piermarini, P.M., Ip, Y.K., Ballantyne, J.S. & Driedzic, W.R. (2006). The accumulation of methylamine counteracting solutes in elasmobranchs with differing levels of urea: a comparison of marine and freshwater species. *Journal of experimental biology*, **209**:5, 860–870. https://doi.org/10.1242/jeb.02055

Vyncke, W. (1978). Influence of Sodium Tripolyphosphate and Citric Acid on the Shelf Life of Thornback Ray (Raja clavata L.). *Z. Lebensm. Unters.-Forsch.*, **166**, 284–286. dx.doi.org/10.1007/BF01127654

Yancey, P.H. (1985). Organic Osmotic Effectors in Cartilaginous Fishes. Transport Processes, Iono- and Osmoregulation (ed. by R. Gilles and M. Gilles-Baillien) © Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Organic Osmotic Effectors in Cartilaginous Fishes | Springer Nature Link

WHO/FAO/UNU Expert Consultation (2007). Protein and amino acid requirements in human nutrition. World Health Organ Tech Rep Ser. 2007;(935):1-265, back cover. PMID: 18330140 Protein and amino acid requirements in human nutrition : report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation