



NTNU - Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bioteknologi og matvitenskap

BACHELOROPPGAVE VÅR 2023

15 studiepoeng

Betydningen av lokasjon og prosessering på proteininnhold, aminosyrer og antioksidativ aktivitet i sukkertare (*Saccharina latissima*)

The impact of location and processing on protein content, amino acids, and antioxidant activity in sugar kelp (*Saccharina latissima*)

Utført av

Guro Rebekka Alsos

Marthe Løkken Hoel

Synne Ertsaas

Dette arbeidet er gjennomført som ledd i bachelorutdanningen i matvitenskap, teknologi og bærekraft ved Institutt for bioteknologi og matvitenskap, NTNU. Bruk av oppgavens innhold skjer på eget ansvar.

Sammendrag

Saccharina latissima (*S. latissima*) ble høstet ved to ulike høstesteder vinter 2023. Et høstested var i Skjerstadvfjorden og det andre høstestedet lå i havet utenfor Vågosen, Sandhornøy. Råstoff fra hvert høstested ble prosessert ved to ulike metoder: lufttørking, og blansjering etterfulgt av lufttørking. Hovedmålet med oppgaven var å undersøke om det var forskjeller i innhold av mineraler, proteiner, aminosyresammensetning, samt antioksidantaktivitet i *S. latissima*, gjennom sammenligning av høstested og sammenligning av effekten av prosesseringsmetodene.

Innholdet av mineraler ble estimert ved å måle askeinnhold. Proteininnhold ble bestemt både ved Kjeldahl og ved analyse av aminosyrene. Total aminosyresammensetning og fri aminosyresammensetning ble analysert. Antioksidantaktiviteten ble målt ved ABTS (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid), DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), Fiolin-Ciocalteu og ORAC (Oxygen Radical Antioxidant Capacity) i vannekstrakter av prøvene.

Mineralinnholdet i prøvene varierte fra ca. 14-40% av tørrvekt, hvorav prøvene høstet fra fjord viste høyere verdier sammenlignet med prøvene høstet fra hav og prøvene som var blansjert viste et lavere innhold av mineraler sammenlignet med prøvene som kun var tørket. Totalt proteininnhold ble målt til å være ca. 2-7% av tørrvekt, hvorav råstoff fra fjord hadde høyere proteininnhold sammenlignet med hav og de blansjerte prøvene hadde et større proteininnhold sammenlignet med de som bare var tørket. Aminosyresammensetningen viste et høyt innhold av essensielle aminosyrer, som utgjorde 37-42% av total aminosyresammensetning. Det ble observert mest essensielle aminosyrer i råstoff fra fjord sammenlignet med hav og det ble observert en høyere andel essensielle aminosyrer ved de prøvene som hadde blitt blansjert. Det ble målt et relativt lavt innhold FAA, mellom ca. 0,06-0,7% av tørrvekt, hvorav det var høyest konsentrasjoner i fjord og høyest i de prøvene som bare var blitt tørket. Alanin var den aminosyren som utgjorde størsteparten av de frie aminosyrene i alle prøvene. Antioksidantaktiviteten ble målt høyest i råstoffet fra havet for ABTS, Fiolin-Ciocalteu og FRAP, men for DPPH ble det i råstoffet fra fjord observert høyest antioksidantaktivitet. Ulikhetene i næringsinnholdet ved sammenligning av høstested ble konkludert til å ha sammenheng med flere ulike faktorer som påvirket miljøet ved lokasjonen, på grunnlag av at næringsinnholdet tas opp fra omgivelsene. Ved sammenligning av prosesseringsmetode ble det konkludert med at blansjering var fordelaktig ved at denne prosesseringsmetoden økte proteinkvaliteten.

Abstract

Saccharina latissima (*S. latissima*) harvested by Kelpinor, was used as raw material in this study. *S. latissima* was harvested from two different locations. One of the locations was in Skjerstadvjorden, and the other location was in the sea next to Vågosen, Sandhornøy. The raw material from each location was processed using two different methods: air drying and blanching followed by air drying. The study's main objective was to investigate if there were differences in mineral content, proteins, amino acid composition, and antioxidant activity in *S. latissima* through a comparison of the harvesting location and the effects of the processing methods.

The mineral content was estimated by measuring the ash content. The protein content was determined using both the Kjeldahl method and amino acid analysis. The total amino acid composition was analyzed. The antioxidant activity was measured by ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid), DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), Fiolin-Ciocalteu and ORAC (Oxygen Radical Antioxidant Capacity) in water extracts of the samples.

The mineral content in the samples varied from approx. 10-40% of dry weight, of which the samples harvested from the fjord showed higher values than the sample harvested from the sea. Moreover, the blanched samples showed a lower content of minerals compared to the samples that were only dried. The total protein content was measured to approximately 2-7% of dry weight. The raw material from the fjord had a higher protein content compared to the sea and the blanched samples had a higher protein content compared to those that had only been dried. The amino acid composition shows a high content of essential amino acids, which accounted for 37-42%. The most essential amino acids were observed in raw material from the fjord compared to the sea, and a higher proportion of essential amino acids was observed in the samples that have been blanched. A relatively low free amino acid content was measured, between approximately 0,06-0,7% of dry weight, and the concentrations were highest in the fjord and highest in the sample that had only been dried. Alanin was the amino acid that made up most of the free amino acids in all the samples. The antioxidant activity was measured highest in the raw material from the sea for ABTS, Fiolin-Ciocalteu, and FRAP, but for DPPH the highest antioxidant activity was observed in the raw material from the fjord. The differences in nutrient content when comparing harvest sites were concluded to be related to several different factors that affected the environment at the location, on the basis that the nutrient

content is taken up from the surroundings. When comparing processing methods, it was concluded that blanching was beneficial as this processing method increased protein quality.

Forkortelser

HT- høstested: Hav, prosesseringsmetode: Tørket

HBT- høstested: Hav, prosesseringsmetode: Blansjert og Tørket

FT- høstested: Fjord, prosesseringsmetode: Tørket

FBT- høstested: Fjord, prosesseringsmetode: Blansjert og Tørket

ABTS- 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)

DPPH-1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl

FRAP- Ferric Reducing Antioxidant Power

ORAC- The Oxygen Radical Absorbance Capacity

FAA- Frie aminosyrer

TAA- Totale aminosyrer

EAA- Essensielle aminosyrer

NEAA- Ikke-essensielle aminosyrer

HPLC- Høypresisjonsvæskekromatografi

ROS- Reaktivt oksygen

RNS- Reaktivt nitrogen

FAO- FNs organisasjon for ernæring og landbruk

WHO- Verdens helseorganisasjon

FN- De forente nasjoner

Forord

Denne bacheloroppgaven er gjennomført ved Institutt for bioteknologi- og matvitenskap, ved det naturvitenskapelige fakultet ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim våren 2023. Oppgaven er skrevet av Guro Rebekka Alsos, Marthe Løkken Hoel og Synne Ertsaas, studenter ved utdanningen matteknologi (matvitenskap, teknologi og bærekraft) som siste ledd i utdanningen. Arbeidet ble gjennomført i vårsemesteret 2023, fra januar til mai.

Det praktiske laboratoriearbeidet er gjennomført ved næringsmiddellaboratoriet på Gløshaugen, kjemisk-analytisk laboratorium og prosesslaboratoriet på Kalvskinnet (Akrinn). Kostnader knyttet til oppgaven er dekket med midler fra instituttets budsjett.

Tusen takk til veiledere Ida-Johanne Jensen og Turid Rustad for gode tilbakemeldinger, råd og diskusjon, og for å alltid ha tid til å svare på spørsmål. Takk til Kelpinor for bidrag til råstoffet som er benyttet i oppgaven. Vi ønsker også å takke Siri Stavrum, laboratorieingeniør på næringsmiddelkjemilaboratoriet for god hjelp i forbindelse med den praktiske gjennomføringen av analysene og overingeniør Anne-Kathrine Streitlien på kjemisk-analytisk laboratorium for hjelp i forbindelse med Kjeldahl-analyse.

Trondheim, 22. mai 2023

Guro Rebekka Alsos

Marthe Løkken Hoel

Synne Ertsaas

Guro R. Alsos

Marthe Hoel

Synne Ertsaas

Innholdsfortegnelse

| | |
|--|-----------|
| Sammendrag | 2 |
| Abstract | 3 |
| Forkortelser | 5 |
| Forord | 6 |
| 1. Teoretisk bakgrunn | 1 |
| 1.1 Lite utnyttede ressurser..... | 2 |
| 1.2 Makroalger..... | 3 |
| 1.2.1 Dyrking av makroalger | 3 |
| 1.1 <i>Saccharina latissima</i> | 4 |
| 1.2 Næringssammensetning..... | 5 |
| 1.4.1 Mineraler | 5 |
| 1.4.2 Proteiner | 6 |
| 1.4.3 Antioksidanter | 8 |
| 1.5 Prosessering av makroalger | 9 |
| 1.5.1 Effekten av blansjering | 9 |
| 1.5.2 Effekten av tørking | 9 |
| 1.6 Metodologiske aspekt for kjemiske analyser | 10 |
| 1.6.1 Kjeldahl-metoden | 10 |
| 1.6.2 Metode for måling av total aminosyresammensetning og frie aminosyrer | 11 |
| 1.6.3 Metoder for måling av antioksidantaktivitet | 11 |
| 1.6.4 ABTS..... | 12 |
| 1.6.5 DPPH..... | 12 |
| 1.6.6 Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) | 12 |
| 1.6.7 Folin-Ciocalteu metoden | 13 |
| 1.6.8 ORAC..... | 13 |
| 2. Materialer og metoder | 13 |
| 2.1 Høsting av råstoff..... | 13 |
| 2.2 Prosessering av råstoff..... | 14 |
| 2.3 Forsøksdesign | 15 |
| 2.4 Tillaging av vannekstrakt | 15 |
| 2.5 Bestemmelse av askeinnhold | 15 |
| 2.6 Kjeldahl for bestemmelse av totalt proteininnhold | 16 |
| 2.7 Analyse av total aminosyresammensetning | 16 |
| 2.8 Analyse av frie aminosyrer | 17 |
| 2.9 Bestemmelse av EAA til AA-forhold..... | 17 |
| 2.10 Bestemmelse av kjemisk score | 17 |
| 2.9 DPPH radikal slukningsmetode for å måle antioksidantaktivitet | 17 |

| | |
|---|-----------|
| 2.10 ABTS radikal slukningsmetode for å måle antioksidantaktivitet | 18 |
| 2.11 Folin-Ciocalteus metode for å måle totale fenol | 18 |
| 2.12 FRAP-analyse for å måle jernioniserende antioksidantaktivitet | 18 |
| 2.13 Tillaging av standard | 19 |
| 3. Resultater og diskusjon..... | 19 |
| 3.1 Mineralinnhold bestemt ved askeinnhold..... | 19 |
| 3.1.1 Sammenligning av mineralinnhold mellom høstestedene | 20 |
| 3.1.2 Sammenligning av prosesseringsmetode | 21 |
| 3.2 Proteininnhold bestemt ved Kjeldahl og total aminosyresammensetning..... | 21 |
| 3.2.1 Omregningsfaktor ved Kjeldahl | 22 |
| 3.2.2 Sammenligning av proteininnhold i sukkertare høstet på forskjellige steder | 23 |
| 3.2.3 Sammenligning av proteininnhold i lufttørket og blansjert før lufttørket sukkertare | 23 |
| 3.3 Aminosyreprofil bestemt ved total aminosyresammensetning | 24 |
| 3.3.1 Sammenligning av aminosyreprofil mellom høstestedene | 25 |
| 3.3.2 Sammenligning av aminosyreprofil mellom prosesseringsmetodene..... | 26 |
| 3.4 Innhold av essensielle aminosyrer..... | 27 |
| 3.4.1 Sammenligning av essensielle aminosyrer mellom høstestedene | 27 |
| 3.4.2 Sammenligning av essensielle aminosyrer mellom prosesseringsmetodene..... | 27 |
| 3.4.3 EAA/AA-forhold for prøvene | 28 |
| 3.4.4 Kjemisk score | 28 |
| 3.5 Frie aminosyrer bestemt ved fri aminosyresammensetning..... | 29 |
| 3.5.1 Aminosyreprofil av frie aminosyrer..... | 30 |
| 3.5.2 Frie aminosyrer og påvirkning på smak | 31 |
| 3.6 Antioksidantaktivitet | 31 |
| 3.6.1 Antioksidantaktivitet bestemt ved ABTS..... | 31 |
| 3.6.2 Antioksidantaktivitet bestemt ved DPPH..... | 32 |
| 3.6.3 Antioksidantaktivitet bestemt ved FRAP | 34 |
| 3.6.4 Antioksidantaktivitet bestemt ved Folin-Ciocalteu | 34 |
| 3.6.5 Sammenligning av antioksidantaktivitet mellom analyse metodene | 35 |
| 3.6.6 Sammenligning av antioksidantaktivitet mellom høstestedene..... | 36 |
| 3.6.7 Sammenligning av antioksidantaktivitet mellom prosesseringsmetodene | 37 |
| 3.7 Samlet vurdering for høstested | 37 |
| 3.8 Samlet vurdering for prosesseringsmetodene | 37 |
| 4. Konklusjon | 39 |
| Litteraturliste:..... | 41 |

Vedlegg 1: Aminosyrefordeling og EAA/AA-fordeling

1. Teoretisk bakgrunn

I 2022 passerte verdens befolkning 8 milliarder mennesker, og innen 2030 er det forventet at antallet vil stige til 8,5 milliarder (Forente Nasjoner, 2023a). FNs bærekraftsmål er en felles plan med ulike mål og delmål frem mot 2030 for å bekjempe fattigdom, utrydde sult og stoppe klimaendringer (Forente Nasjoner, 2023b). Delmål 2 er å utrydde sult og feilernæring, samt sikre bærekraftige matsystemer for matproduksjon (Forente Nasjoner, 2023c). Dette krever at matproduksjonen i 2050 økes med 70% sammenlignet med 2010 (Torrissen et al., 2018).

Potensialet for matproduksjon på land og til havs er ca. like stor. Fordelingen er derimot at ca. 2% av kaloriinntaket og 15% av proteininntaket kommer fra havet (Torrissen et al., 2018). Norsk sjømat er rik på omega 3-fettsyrer, vitaminer, mineraler og proteiner, som er av god ernæringsmessig kvalitet (Nærings- og fiskeridepartementet, 2021). For å kunne ha en bærekraftig og tilstrekkelig matproduksjon som skal kunne sikre den økende befolkningen tilgang til nok, næringsrik og sikker mat er man nødt til å rette seg mot havets potensiale (Costello et al., 2020).

Norge har en lang kystlinje med stor potensiale for matproduksjon, til for eksempel dyrking av makroalger. I dag brukes mye av kystarealet til oppdrett av marine arter som laks, noe som utgjør store mengder mat til inn og utland, samt at det bidrar til mye av landets verdiskapning (Nærings- og fiskeridepartementet, 2023; Olafsen et al., 2012). En samlet vitenskapelig vurdering av hvordan havets ressurser kan brukes til matproduksjon uten at det går ut over økosystemene, resulterte i en entydig anbefaling om at dyrking og høsting av lavtrofiske arter som makroalger er løsningen (Torrissen et al., 2018).

Makroalgers biomasseproduktivitet er høyere enn for noen annen landlevende plante eller dyr. I tillegg er sammensetningen med tanke på protein, lipid, karbohydrater og aminosyreprofil god sammenlignet med andre vegetabiler (Nagappan et al., 2021; Rizwan et al., 2018). Videre utfører makroalger en rekke økosystemtjenester som bidrar positivt til miljøet, blant annet ved at de tar opp CO₂ fra atmosfæren og binder det i biomassen, samt tar opp næringsalter fra havet (Skjermo, 2016). Disse faktorene som lavtrofiske arter har, er viktige for å kunne bidra til å fjerne utslipp fra havet og atmosfæren, og er viktig for å kunne løse klimautfordringene verden står ovenfor (SINTEF, 2022).

Ved å komplementere oppdrett av fisk med oppdrett av lavtrofiske arter vil man kunne utnytte mer av ressursene fra havet. Makroalger kan blant annet utnytte både uorganisk og organisk materiale, samt biprodukter fra lakseoppdrett til egen vekst (FAO, 2018; Grimsmo, u.å).

Denne bacheloroppgaven er skrevet i samarbeid med Kelpinor, en gründerbedrift med utspring fra NTNUs entreprenørskole med et mål om å drive bærekraftig havteknologi. Dette gjennom å dyrke sukkertare (*Saccharina latissima*) i stor skala egnet til blant annet mat, dyrefôr og som en bærekraftig erstatning til produkter laget av olje (Kelpinor, u.å). For Kelpinor vil det kunne være nyttig å vite innholdet av mineraler, proteiner, aminosyreprofil og antioksidanter i sukkertaren. Dette fordi det kan gi en indikasjon på hva råstoffet er egnet å brukes til og kan kunne bidra til å gjøre Kelpinor mer konkurransedyktig ved at de kan optimalisere råstoffet med tanke på dyrke- og høstested, og med tanke på prosesseringsmetoder.

1.1 Lite utnyttede ressurser

Havet er fullt av arter med potensiale til å bli utnyttet på en bedre måte, såkalte lite utnyttede ressurser (LUR). Det kan være ressurser som allerede utnyttes til en viss grad, men med et høyere potensial når det kommer til produkt og/eller marked, eller det kan være en ressurs som ikke eller i liten grad utnyttes kommersielt (Lerfall, 2022). LUR-programmet ble opprettet i 1991 med ønske om å øke den totale verdiskapningen i norsk fiskerinæring (Johnsen, 2000). Gjennom først å kartlegge hvilke arter som er lite utnyttet, for deretter å se på hver enkelt art sine biologiske og markedsmessige faktorer, ble det dannet et helhetlig inntrykk om artens potensiale til kommersiell utnyttelse (Johnsen, 2000)

Makroalger var blant artene som ble kategorisert under LUR-programmet i 1991. Under gjenopptagelsen i 1998 hadde ikke makroalgene vist et godt nok utviklingspotensial på ressurs- eller markedssiden. Dermed ble det ikke lagt spesielt fokus på makroalger videre i LUR-prosjekt (Johnsen, 2000). Interessen rundt makroalger har likevel vokst, og per 2023 dyrker flere makroalger kommersielt og interessen rundt fagfeltet er økende. I dag høstes norske makroalger med hensikt om å utnytte mineraler eller karragenan og alginat, som er mye brukt som konsistensgivere i mat (Rueness & Knispel, 1998). Alginat er mest kjent og benyttes i over 600 forskjellige produkter, i alt fra iskrem til tablett (Brandslet, 2019).

Det er også interesse rundt hvordan hele alger kan utnyttes til mat (Lerfall, 2022). I andre deler av verden er ikke alger å betrakte som LUR. Ser man til Asia, er produkter av makroalger vanlig og finnes i mange ulike asiatiske matprodukter (Bruhn et al., 2019). Til sammenligning har makroalger i det europeiske markedet et uutnyttet potensial, men man ser også at utviklingen går i ønsket retning.

1.2 Makroalger

Makroalger deles inn i tre phylum basert på pigmenter: Phaeophyta (brunalger), Rhodophyta (rødalger) og Chlorophyta (grønnalger) (Banach et al., 2020). Felles for makroalger er at de har få næringskrav, høy vekstrate og ikke behøver tilførsel av ferskvann (Mæhre et al., 2014).

Tang og tare er brunalger av orden Fucales og Laminariales som strekker seg fra øverst i vannsøyla til større dyp i tareskoger ned mot 20-30 meter under vannoverflaten (Havforskningsinstituttet, 2021). Brunalgene trives i kalde havområder og er kvantitativt dominerende i norske farvann med ca. 200 ulike arter (Rueness & Knispel, 1998). Tang og tare trives ofte i et miljø med hard havbunn, med substrater i form av steiner eller fjell som de binder festeorganet til. Havstrømmer, vind og bølger er essensielt for å sikre god gjennomstrømming og utskifting av næringsrikt vann. I tillegg er det avgjørende med tilstrekkelig tilgang på lys for at makroalgene skal vokse og kunne drive fotosyntese. Makroalgene deler på nærings saltene med planktonalgene øverst i vannsøyla. Dersom vannstrømmen blir for dårlig, vil planktonalgene kunne vokse og skygge for lystilgangen til makroalgene og dermed hindre makroalgens vekst (Aasland et al., 1997).

1.2.1 Dyrking av makroalger

Norge har en lang tradisjon for å høste ville makroalger til mat. Dette er blitt beskrevet så langt tilbake som til vikingtiden. Senere ble også makroalger høstet til dyrefôr og gjødsel (Schiener et al., 2015; Østgaard & Indergaard, 2017). Makroalger ble tidlig sett på som næringsrikt ved å være en god kilde til vitaminer, mineraler, karbohydrater og proteiner, dermed fungerte det både som mat til dyr samt til menneskelig konsum (Østgaard & Indergaard, 2017). I tillegg var det gunstig som gjødsel og som jordforbedringsmiddel, da det inneholdt næringsstoffer som nitrogen, fosfor og kalium, som jord nyttiggjør seg av.

På 1700-tallet ble høstingen industriell, og det vokste frem flere bruksområder. Taren ble brent ned til aske for å så utnyttes til glassproduksjon og benyttet i såpeindustrien. På slutten av 1800-tallet ble det vist stor interesse for konsistensmiddelet alginat, utvinnet fra celleveggen i tare (Østgaard & Indergaard, 2017). Norge står for ca. én tredjedel av verdensproduksjonen, noe som tilsvarer om lag 6500 tonn alginat årlig (Østgaard & Indergaard, 2017).

Fra 1930 vokste tangmelindustrien fram og tangmelet ble brukt til fôrtilsetning. Makroalger ble kun tilsatt i små mengder i tangmelet, fordi det høye innholdet av jod satte begrensninger på hvor mye som var helsemessig forsvarlig å tilsette. På grunn av det høye innholdet av jod

tilsettes det ekstremt små mengder av tare. Tangmelet blir fortsatt den dag i dag brukt i jord som gjødsel (Østgaard & Indergaard, 2017; Aasland et al., 1997).

På verdensbasis ble det produsert 32,4 millioner tonn makroalger i 2018 (FAO, 2020). Asia sto for 97% av produksjonen, hvorav 99,1% var høstet gjennom dyrking. Europa sto for 0,8% av verdens produksjon, hvor det i alt ble produsert 287 390 tonn makroalger (FAO, 2020; Kuech et al., 2023).

Norge er et land med gode forutsetninger for dyrking av makroalger grunnet en lang kystlinje med næringsrike områder. Norge har lang erfaring med tradisjonell innhøsting og har ledende kompetansemiljøer innen havbruk. Det er over 500 arter i norske farvann, men fåtallet er relevant for dyrking, hvorav brunalger er et unntak. Dette fordi de er enkle å dyrke og produserer mye biomasse grunnet rask vekst. Vekstraten varierer, og de kan vokse mellom 1-5 cm om dagen dersom forholdene er gunstig (Reutenberger, 2023). Det er anslått at Norge vil kunne produsere 170 tonn/hektar *S. latissima* som tilsvarer et tørrstoffutbytte på 25 tonn. Dette vil kunne brukes til mat, smakstilsetninger og utvinning av høyverdiforbindelser (Skjermo, 2016).

Dyrkingen av makroalger foregår i to faser basert på tares livssyklus. Forholdene legges til rette slik at de mikroskopiske gametofyttene, tares kjønnete stadium, får reproduisert seg. Dette foregår ved at kimplanter fra sporer klippes av fra morplanten for så å dyrkes. Stiklingene festes på tau eller andre materialer som fungerer som vekstsubstrater, før de settes i kar hvor det er gjennomstrømming av vann og tilgang på kunstig belysning. Når de har vokst seg noen millimeter store, mellom 4-6 uker, gjøres de klar for utsett og videre dyrking i sjø som foregår fra sen høst til tidlig vinter (Norderhaug et al., 2020; Skjermo, 2016; Visch et al., 2023). Ved sjøutslipp er det avgjørende at forholdene for vekst er optimale, dette ved å sikre at makroalgene har tilgang på nok sollys, karbon- og nitrogenkilder og næringssalter som den trenger for å produsere biomasse (Skjermo, 2016). Når vekstpotensialet er nådd for sesongen høstes råstoffet like under vannoverflaten, i Norge er det optimalt med dyrking på 1-8 meters dyp. Ved innhøsting kan vekten utgjøre 8-10kg/m tau (Skjermo, 2016).

1.1 *Saccharina latissima*

S. latissima er en brunalge av familien Laminiariaceae, også kjent under navnet sukkertare. Navnet har den fått fordi det dannes et pulver med søt smak på bladene under tørking. Arten har stor geografisk spredning, men trives best i kaldere vann ved 10-17°C. *S. latissima* finnes langs hele norskekysten, nedover i Europa og den kan også finnes langs stillehavskysten nær

Japan (Seaweed Solution, u.å; Stålnacke & Moy, 2007). Norskekysten står for ca. halvparten av all naturlig viltvoksende *S. latissima*, noe som gjør at det også er nærliggende å tro at norskekysten er godt egnet for dyrking og høsting av brunalgen (Forbord et al., 2020).

Arten er en av de vanligste makroalgene å dyrke både i Norge og i Europa. Norge solgte i 2019 111 tonn dyrkede alger til en verdi av 4,3 millioner NOK, hvorav 66 tonn av disse var *S. latissima* (Fiskeridirektoratet, 2020). Livsløpet er kort, men hver plante kan vokse og bli opp mot 3-4 meter lang. Høysesong for vekst er på senvinteren og tidlig vår, hvor veksthastigheten er rundt 1 cm per dag (Indergaard, 2010). Veksthastigheten er avhengig av samme faktorer som nevnt i 1.2.1. Innholdet av mineraler, essensielle aminosyrer, antioksidanter, fenoliske forbindelser samt et lite innhold av flerumettede fettsyrer er noen av faktorene som gjør at *S. latissima* interessant for dyrking til blant annet mat (Nielsen et al., 2020; Stévant et al., 2017).

1.2 Næringssammensetning

Næringsinnholdet i makroalger varierer med art, høstetidspunkt og høstested (FAO, 2018). Ernæringsmessige forbindelser og sesongvariasjoner vil også variere ut fra modenhet og om arten er fullt utvokst (Murakami et al., 2011). *Sund* samlet tall fra flere studier om hva som er vanlig fordeling av næringsinnholdet i brunalger (2020): Rå brunalger inneholder 61-94% vann, samt en rekke makro- og mikronæringsstoffer. Proteininnhold utgjør 1,2-24% av tørrvekt og inneholder alle aminosyrene. Flere essensielle aminosyrer opptrer i høyere konsentrasjoner sammenlignet med vegetabilier og cerealer (Černá, 2011). Lipidinnholdet i makroalger er generelt kjent for å være lavt og brunalger har et gjennomsnitt på 3% av tørrvekt, hvorav makroalger er en av de få kildene, med unntak av fisk, til naturlig lange omega-3 fettsyrer (Torres et al., 2019). Karbohydratinnholdet ligger mellom 4-84% av tørrvekt, hvorav mesteparten av karbohydratet opptrer som fiber og tas ikke opp i den humane fordøyelsen. Mineralinnholdet ligger mellom 8,7-52% av tørrvekt med et gjennomsnitt på 30%. I tillegg inneholder brunalger mange antioksidanter.

1.4.1 Mineraler

Mineraler er essensielt å tilføre gjennom kosthold, da kroppen ikke kan danne mineraler selv. Definisjonen på mineraler er uorganiske stoffer kroppen trenger i relativt store mengder som kalium og kalsium. Sporstoffer er mineraler som trengs i mindre mengder f.eks. jern og jord. Mineralene er nødvendige for en rekke viktige funksjoner (Torres et al., 2019). Blant annet bidrar de med oppbygning av proteiner, skjelett og tenner, frigjøring av energi og energiproduksjon, væskebalansen og til et godt immunforsvar (Muñoz & Díaz, 2022; Weyh et al., 2022).

Makroalger inneholder over 50 ulike mineraler og sporstoffer. De er spesielt rike på jern, sink, selen, jod, kalsium, kalium, magnesium, natrium og fosfor (Duinker et al., 2020; Holdt & Kraan, 2011). Store deler av biomassen til makroalger består av aske som reflekterer innholdet av mineraler. I makroalger er det et askeinnhold på rundt 30%, hvor brunalger kan ha et innhold som står for ca. 50% av tørrvekt. Diverse studier har vist et askeinnhold hos *S. latissima* fra 8,7 til 45% av tørrvekt (Nielsen, 2018). Dette er høyt sammenlignet med vegetabilier som ligger på rundt 1-10% (Schiener et al., 2015).

Alger er ofte nevnt som en kilde til jod, særlig for vegetarianere, men mengden jod i alger er varierende (Norden, 2012). Generelt er jod en begrensende faktor for å utnytte makroalger til humant konsum og forbruk, og *S. latissima* er en av artene kjent for å ha høyt innhold av jod (Aakre et al., 2021). I riktige mengder bidrar jod med å opprettholde en sunn hjerne- og skjoldbrusfunksjon. Derimot vil det i for store mengder kunne gi negative helseeffekter (Nielsen et al., 2020). Jod behøves i små mengder, og anbefalt mengde er 150 (µg/dag) med en grense på daglig inntak på 600 (µg/dag) (Nasjonalt råd for ernæring, 2016). Kalium er et annet mineral som ofte forbindes med *S. latissima* og varierer mye med sesong, hvorav den er høyest i vintermånedene (Muñoz & Díaz, 2022; Schiener et al., 2015).

1.4.2 Proteiner

Proteiner er essensielt for mennesker. Det inngår som viktige bestanddeler iblant annet organ, muskler, blod og arvestoff. De er også viktige i alle reaksjoner i kroppen. De er nødvendige for å sette i gang alle biokjemiske reaksjoner, spiller en viktig rolle i transport mellom celler, samt bidrar med energi og opptre som enzymer (Černá, 2011).

I verden er proteinunderskudd et av de vanligste helseproblemene, spesielt i utviklingsland (Černá, 2011). Proteinmangel har negativ effekt på immunsystemet og organer som hjernen og nyrene (Černá, 2011). Siden alle aminosyrer er representert i alle proteiner vil mangel på en aminosyre føre til proteinmangel. De ikke-essensielle aminosyrene (NEAA) kan dannes i kroppen, men kroppen har fortsatt et behov for tilskudd av disse samt energi for å bryte ned proteiner. Derimot danner kroppen ikke essensielle aminosyrer (EAA), disse er mennesker avhengige av å få inn gjennom kosthold (Černá, 2011).

Proteinet må være av god kvalitet for tilstrekkelig opptak i fordøyelsen. Proteinkvaliteten bestemmes i stor grad av aminosyresammensetningen og proteinenes fordøyelighet (Bak et al.,

2019). For aminosyresammensetningen er mengde EAA viktig og det kan vises ved EAA til AA-forhold. Makroalger inneholder alle 20 aminosyrene (Holdt & Kraan, 2011). De ni EAA for mennesker er: histidin, isoleucin, leucin, lysin, metionin, fenyylalanin, treonin, tryptofan og valin. For fisk vil også arginin være essensielt. EAA til AA forhold i makroalger kan være opp mot 50% (Černá, 2011).

I tillegg kan proteinkvaliteten bestemmes ut fra en kjemisk-score som sier noe om hvordan den begrensende EAA i råstoffet møter anbefalt mengde EAA fra et referanseprotein bestemt av FAO/WHO (FAO, 2013). Den begrensende EAA i råstoffet er den som gir lavest kjemisk score. Animalsk protein har en kjemisk-score på 1 og vegetabiler mellom 0,4-0,6. Alger scorer mellom 0,75 til 1, noe som tilsier at proteiner fra alger er av bedre kvalitet sammenlignet med vegetabiler (Mæhre et al., 2014). Den kjemiske-scoren til *S. latissima* kan sammenlignes med den man finner i biff (ca. 0,7) (Černá, 2011; Marinho et al., 2015).

Ofte er lysin den begrensende EAA for makroalger (Holdt & Kraan, 2011), men Marinho et al. viser at den begrensende EAA i *S. latissima* kan variere med høstetidspunkt (2015). Der var histidin den begrensende EAA i mars uavhengig av lokasjon, mens isoleucin var begrensende i mai.

De fleste mennesker har en tilstrekkelig evne til å fordøye proteiner og det er derfor ikke utarbeidet et spesifikt behov for inntak av frie aminosyrer (FAA) (Mæhre et al., 2014). Unntaket er for taurin, som betegnes som essensiell. Taurin er ikke en aminosyre, men omdannes fra cystein. Dette gjør at den ikke er bundet til protein, dermed utelukkende fri (Mæhre et al., 2014). Taurin er kjent for å ha en rekke helsemessige fordeler og er viktig for biosyntesen spesielt hos spedbarn. Det er tidligere vist at taurin reduserer flere risikofaktorer for hjerte-kar-sykdommer, blant annet gjennom å være blodtrykksenkende og kolesteroldempende (Holdt & Kraan, 2011; Mæhre et al., 2014). Noen av hovedkildene til taurin er fisk, skalldyr og makroalger, og mengden taurin i *S. latissima* er sammenlignbart med konsentrasjonen i skalldyr som hummer og krabbe, samt blekksprut (Holdt & Kraan, 2011). FAA har også vist seg å bidra med smak i sjømat. Søt smak kobles til glysin og alanin og bitter smak til valin, arginin og metionin. Surt og umami knyttes begge til asparaginsyre og glutaminsyre. Umamismaken kan forsterkes av fenyylalanin og tyrosin, som hovedsakelig bidrar til bitterhet (Kendler et al., 2023).

1.4.3 Antioksidanter

Antioksidanter er stoffer som hemmer frie radikaler. Frie radikaler har et uparet elektron som gjør forbindelsene reaktive, og de vil derfor lett reagere med andre forbindelser og ioner i en reduksjon-oksidasjon-reaksjon (Gulcin, 2020; Mahdi-Pour et al., 2012). En redoks-reaksjon er en kjemisk prosess som skjer når et atom mister ett eller flere elektroner slik at ladningen øker (oksidering) (Gulcin, 2020; Mahdi-Pour et al., 2012; Silverstein, 2011). Antioksidanter er viktige i mat for å opprettholde god kvalitet over en lengre periode. Antioksidanter kan tilsettes i ulike matvarer for å hemme harskning og forringelse av mat ved lagring (Gulcin, 2020). Et eksempel er at de kan hindre oksidasjon av lipider, som kan påvirke sensoriske egenskaper og føre til reduksjon av ernæringsmessig kvalitet i matvarer.

Det har de siste årene vært stor interesse for makroalger innenfor forskning på grunnlag av at det er en god kilde til naturlige antioksidanter (Cotas et al., 2020). Antioksidanter i mat defineres som en forbindelse som bidrar til å hemme effektene av frie radikaler, slik som reaktivt oksygen (ROS) og reaktivt nitrogen (RNS). Dette gjøres ved at antioksidantene enten motvirker dannelse av frie radikaler eller fjerner frie radikaler som begge vil resultere i å begrense eller stoppe radikale kjedereaksjoner i miljøet (Huang et al., 2005).

I levende organismer vil antioksidanter bidra med å forhindre oksidativt stress, som kan gjøre skade på essensielle biomolekyler, særlig på cellulære proteiner, flerumettet fettsyrer og DNA. Oksidativ stress kan kobles opp mot en rekke ulike sykdommer (Machu et al., 2015). Antioksidanter fra makroalger viser seg å kunne være til nytte i flere ulike industrielle sektorer innenfor farmasi, kosmetikk og medisin (Cotas et al., 2020; Vasanthi et al., 2020).

Forskning viser at antioksidanter i makroalger har reduserende effekt på skadelige sykdommer, samt forbedrer immunsystemet (Vasanthi et al., 2020). Dette underbygges ved at det er færre tilfeller av bryst- og prostatakraft i Asiatiske land som Japan, hvor makroalger er en normal del av kostholdet, sammenlignet med land i Europa og Nord-Amerika som spiser mindre makroalger (Vasanthi et al., 2020). Antioksidantene har også konserverende effekt på mat ved at det kan redusere lipidoksidasjon i matvarer (Vasanthi et al., 2020).

Makroalger er en god kilde til fenoliske forbindelser som er ansett som noen av de viktigste naturlige antioksidantene. Hovedfunksjonen til fenoliske forbindelser i makroalger er å beskytte mot ulike faktorer som stråling og ulike patogene forbindelser, samt å gi planten pigment, bidra i reproduksjon og til vekst. I brunalger finnes det mye av polyfenolet florotannin

som i hovedsak bidrar som en viktig strukturell forbindelse i celleveggen (Machu et al., 2015). Florotannin finnes kun i brunalger og er sett på som den viktigste polyfenolene på grunnlag av dens helsefremmende egenskaper (Cotas et al., 2020).

1.5 Prosessering av makroalger

Prosessering påvirker råstoffets mikrobielle, enzymatiske, kjemiske og fysiske egenskaper. Dette kan gi fordeler med tanke på holdbarhet og kvalitet. Blansjering og tørking er to av flere prosesseringsmetoder som kan benyttes for makroalger, og som begge utføres i all hovedsak for å konservere produktet (Berk, 2013). Effekten vil variere avhengig av art og størrelse på råstoff, samt tid og temperatur på prosessering (Reis, 2017).

1.5.1 Effekten av blansjering

Blansjering er en forbehandlingsmetode. Metoden går ut på å benytte høy temperatur, slik som f.eks. koking eller damping, før avkjøling i isvann til å konservere produktet. Høy temperatur bidrar til at enzymaktiviteten inaktiveres, som igjen bidrar til reduksjon av enzymatisk nedbryting av råstoffet og resulterer i at holdbarheten forlenges. I tillegg vil blansjering redusere antall mikroorganismer, som også bidrar med reduksjon av mikrobiell nedbrytning. Blansjering kan også gi produktet bedre farge og smak (Reis, 2017).

Blansjering kan føre til tap av en rekke forbindelser i mat, som mineraler, aminosyrer, antioksidanter og fenoler. Dette skyldes at blansjering fører til fysiske og metabolske endringer i celler, for eksempel at cellemembranen blir mer gjennomtrengelig for vann og vannløselige forbindelser (Fellows, 2017). Dette kan bidra med et næringstap hvis ønskede forbindelser diffunderer ut, eller bidra positivt for produktet ved at uønskede forbindelser diffunderer ut.

1.5.2 Effekten av tørking

Makroalger inneholder ofte opp mot 70-90% vann og tørkes ofte før kommersialisering. Tørking kan være fordelaktig fordi det reduserer både vekt og volum betraktelig (Amorim et al., 2020). Under tørking transporteres vann ut fra kjernen av råstoffet til overflaten hvor vannet fordampes. Hvilke effekter tørking gir som er ønskelige, er avhengig av ønsket bruk. En av fordelene er at mikrobiologisk aktivitet minker som følge av at vannaktiviteten i produktet

reduseres, dette gir en konserverende effekt. I tillegg vil tørking endre produktets konsistens og det kan benyttes som forbehandling for videre prosessering (Berk, 2013).

Det finnes flere metoder for tørking, som blant annet frysetørking, lufttørking og ovntørking. Det er observert at tørking påvirker kjemisk sammensetning i produkter, også makroalger, spesielt med hensyn på antioksidantaktivitet og protein (Amorim et al., 2020). Hvor stor påvirkning, er avhengig av tørkemetode, tid og temperatur. Studie gjort av *Amorim et al.* viste at frysetørking var den metoden som bevarte protein- og antioksidantnivået i størst grad (2020). Dette kan ha sammenheng med at man ved frysetørking unngår nedbryting av varmesensitive forbindelser og red-oks-reaksjoner av ulike fenoliske forbindelser fordi det er lave temperaturer (Le Lann et al., 2008).

Fenoliske forbindelser er svært reaktive når det kommer til oksidasjon. Reaktiviteten øker med høy temperatur ved at det skjer en nedbryting ved hjelp av oksidative enzymer (Amorim et al., 2020; Moreira et al., 2016). Den høye temperaturen kan i tillegg forårsake at de fenoliske forbindelsene frigjøres fra celleveggen dersom temperaturen blir høy nok. Samtidig kan den kjemiske strukturen endres ved at en binding dannes mellom fenoliske forbindelser og andre forbindelser, for eksempel proteiner, og påvirker konsentrasjonen av begge forbindelsene i ekstraktet som analyseres (Amorim et al., 2020). Proteiner og mineraler brytes også ned ved høye temperaturer, og tørking gir et tap av vann (Moreira et al., 2016).

1.6 Metodologiske aspekt for kjemiske analyser

Det finnes ulike kjemiske analyser for måling av mineraler, proteiner, aminosyrer og antioksidanter. Mineraler kan bestemmes ved å bestemme askeinnholdet. Proteiner kan bestemmes med Kjeldahl, total aminosyresammensetning og fri aminosyresammensetning. Antioksidanter kan bestemmes ved metoder som 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS), 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP), Folin-Ciocalteu og The Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC).

1.6.1 Kjeldahl-metoden

Kjeldahl-metoden måler totalt innhold av nitrogen i prøvestoff og ved bruk av nitrogen-protein-omregningsfaktor kan proteininnholdet bestemmes. Nitrogenet i prøven blir frigjort ved hjelp av varme før det løses i en sterk syre og nitrogeninnholdet måles ved nøytralisering og titrering av løsningen. Den originale omregningsfaktoren er 6.25, den er basert på en generalisering om at alt protein i mat har en nitrogenprosent på 16%. Denne tar da verken hensyn til at ulike

aminosyrer har ulik mengde nitrogen og at aminosyresammensetningen i ulike proteiner varierer (Mæhre et al., 2018).

I tillegg har flere ulike matvarer, som makroalger, flere nitrogenforbindelser enn bare de bundet til proteinet (Angell et al., 2015). Dette kan være organiske forbindelser som FAA og klorofyll (Bak et al., 2019). Dette fører til at Kjeldahl ofte overestimerer proteininnholdet (Angell et al., 2015). Det er derfor blitt flere ulike omregningsfaktorer bestemt for spesifikt råstoff. Omregningsfaktoren bestemmes på bakgrunn av forventede proteininnholdet i råstoffet, noe som kan beregnes med andre analyser som for eksempel kvantifisering av total aminosyresammensetning (Angell et al., 2015). Makroalger har vist seg å være vanskelig å finne en god omregningsstandard for. Dette skyldes at proteininnhold varierer ut fra flere faktorer (1.4).

1.6.2 Metode for måling av total aminosyresammensetning og frie aminosyrer

Analyse for total aminosyresammensetning baserer seg på hydrolyse av peptidbindinger i proteiner for å frigjøre aminosyrene fra proteinstrukturen. De frigjorte aminosyrene kan bestemmes kromografisk ved hjelp av standarder. Fordelen med denne metoden fremfor Kjeldahl er at den ikke forstyrres av andre faktorer, men baserer seg på faktiske aminosyrer i proteinet (Mæhre et al., 2018). Ulempen er derimot at hydrolyse delvis eller fullstendig ødelegger noen aminosyrer. Hvilke aminosyrer som kan bli delvis eller fullstendig ødelagt varierer med hydrolysetid og dette vil være med på å underestimere proteininnholdet (Angell et al., 2015). Denne underestimeringen er anslått å bli balansert fordi analysen også inkluderer frie aminosyrer (Bak et al., 2019).

1.6.3 Metoder for måling av antioksidantaktivitet

Felles for ABTS, DPPH, FRAP og Folin-Ciocalteu er at de ved en kjemisk reaksjon får et fargeomslag som kan måles spektrofotometrisk. ORAC måler fluorimetrisk. Den kjemiske reaksjonen kan foregå på to ulike måter, men gir samme sluttresultat. Ved den ene reaksjonsmekanismen donerer antioksidanten et hydrogen til radikalet, gjennom en redoksreaksjon (HAT). Den andre reaksjonen skjer i flere trinn (SET). Først reduserer antioksidanten radikalet ved å donere et elektron direkte, og gjør seg selv reaktiv. Antioksidanten vil reagere videre ved å donere et H-atom til en forbindelse som igjen reagerer med radikalet som da blir stabilt.

Metodene måler for antioksidantaktiviteten for ulike antioksidative forbindelser, men alle metodene er basert på SET-reaksjonen. Antioksidantaktiviteten blir uttrykt som Trolox- eller

Propylgallate ekvivalenten avhengig av hvilken standard som er brukt. En kombinasjon av flere metoder vil gi ett mer representativ vurdering av det totale innholdet antioksidanter (Munteanu & Apretei, 2021).

1.6.4 ABTS

ABTS måler den totale antioksidantaktiviteten til en prøve ved å benytte en grønn/blå reagens bestående av det radikale kationet 2,2'-azinobis-(3-etylbenzotiazolin-6-sulfonsyre) (ABTS•+). Metoden måler evnen et bredt utvalg antioksidanter har til å nøytralisere ABTS•+. Radikalet vil nøytraliseres etter en viss inkubasjonstid som vises ved avfarging av det blågrønne reagenset. Prøvene måles spektrofotometrisk etter en gitt inkubasjonstid ved 734 nm.

ABTS•+ er løselig i både vann og i organiske løsningsmidler, som gjør at metoden kan måle antioksidantkapasiteten til både hydrofile og lipofile forbindelser. Fordelen med metoden er at et stort spekter av antioksidanter blir målt grunnet reaksjon med både naturlige og syntetiske antioksidanter. I tillegg fungerer metoden ved ulike pH, samt at den er enkel å bruke (Munteanu & Apretei, 2021).

1.6.5 DPPH

Prinsippet bak metoden går ut på antioksidantenes evne til å redusere radikalet 2,2-dienfyl-1-pikrylhydrazyl (DPPH). Når radikalet reduseres, vil det fiolett-fargede radikalet få en fargeendring over til blek gul avhengig av mengde antioksidanter i prøvematerialet. Absorbansen på løsningen blir målt spektrofotometrisk ved 515-520 nm, hvor lavere absorbans betyr lavere antioksidantaktivitet. Denne metoden for måling av antioksidantaktivitet er mer spesifikk i forhold til ABTS da det kun måles for metanolløselige antioksidant stoffer (Chen et al., 2020; Marxen et al., 2007).

1.6.6 Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP)

FRAP-metoden måler evnen antioksidanter i en prøve har til å redusere treverdige jern-tripyridyltriazine (Fe^{3+} -TPTZ) til toverdige jern-tripyridyltriazine (Fe^{2+} -TPTZ), via elektronoverføring. (Fe^{2+} -TPTZ) danner et blåfarget kompleks som måles spektrofotometrisk på 539 nm. Metoden gjennomføres ved lav pH på 3,6 (Benzie & Strain, 1996; Gulcin, 2020). Siden ulike antioksidanter har ulike reaksjonstid, vil resultat variere med tiden (Munteanu & Apretei, 2021).

1.6.7 Fiolin-Ciocealteu metoden

Fiolin-Ciocealteu metoden baserer seg på en kjemisk reduksjon av Fiolin-Ciocealteu reagenset (FCR) og brukes til analyse av fenoliske og polyfenoliske antioksidanter. Tilgjengelige polyfenoler reagerer med FCR og det danner en blå kromofor som måles ved 765 nm. En ulempe med denne metoden vil være at en del ikke-fenoliske reduserende stoffer, som reduserende sukker og enkelte aminosyrer, kan være til stede under reduksjonen av FCR. Disse stoffene kan føre til at konsentrasjonen av fenoler måles høyere enn det i utgangspunktet er (Agbor et al., 2014; Blainski et al.; Hudz et al., 2019).

1.6.8 ORAC

I ORAC måles evnen til oksidasjon av en fluorescerende probe med peroksyldradikaler som blir produsert av en fri radikal initiator (AAPH). Det vil si prøvenes antioksidantkapasitet i form av å nøytralisere frie radikaler. Oksidasjon av den fluorescerende proben resulterer i reduksjon av fluorescens. Antioksidantene blokker for peroksyldradikal-oksidasjonen og hemmer dermed reduksjonshastigheten (Davalos et al., 2004).

Antioksidantkapasiteten til prøven bestemmes som arealet under fluorecenskurven fratrukket arealet under en fluorecenskurve uten antioksidant, sammenliknet mot en standardkurve for antioksidanter, gjerne vitamin E-analogen Trolox (Davalos et al., 2004). Metoden måler antioksidantenes effekt til å hemme peroksyldradikal-induserte oksidasjoner og reflekterer klassisk radikalkjedebyttende antioksidantaktivitet ved H-atomoverføring.

2. Materialer og metoder

2.1 Høsting av råstoff

Viltvoksende *Saccharina Latissima* ble høstet fra to ulike steder av Kelpinor AS ved dykking. Det ene høstestedet var lokalisert i havet utenfor Sandhornøy, mens det andre høstestedet var lokalisert langt inn i Skjerstadvfjorden (figur 1). *S. latissima* fra havet ble høstet 10. februar 2023 og fra fjord 4. mars 2023. Prøvene høstet fra havet kom fra 2-års alger og prøvene høstet fra fjord kom fra 1-års alger.



Figur 1: Lokasjon 1 ligger i Vågosen, Sandhornøy med koordinatene: 67.095296, 13.994453. Lokasjon 2 ligger i Kvalnesbukta i Skjerstadfjorden med koordinatene: 67.238558, 14.834679. Målestokken er 1:75 km

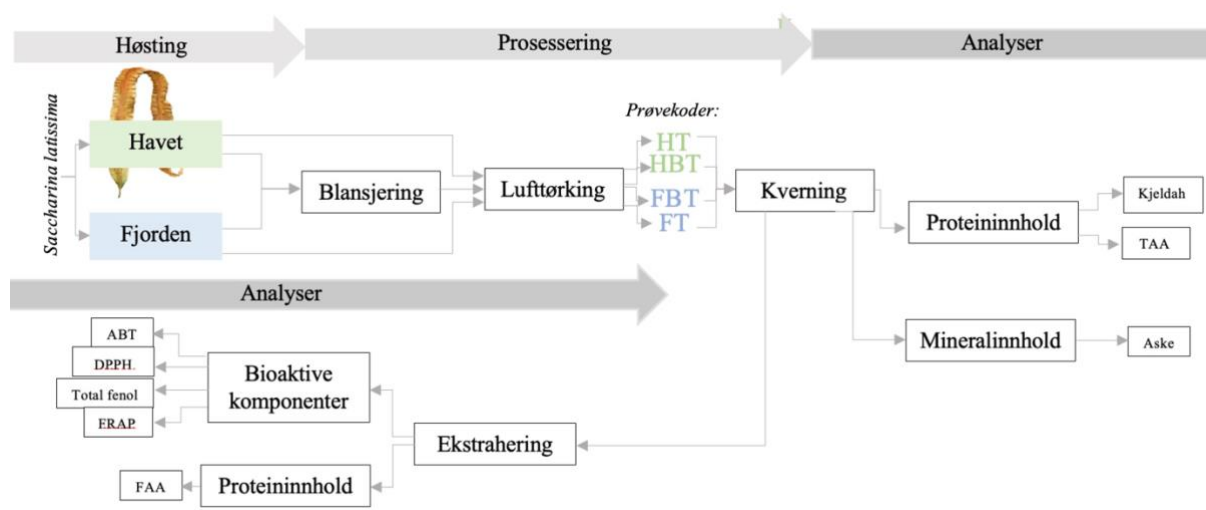
2.2 Prosessering av råstoff

Etter høsting ble råstoffet prosessert. En batch fra hver lokasjon ble blansjert og deretter lufttørket, mens en annen batch ble kun lufttørket (figur 2). Lufttørking foregikk ved romtemperatur i 24 timer og blansjering foregikk i ferskvann ved 70°C i 2 minutter.

Råstoffet ble sendt til Trondheim, hvor det ble kvernet med en *OBH Nordica kaffekvern type 2397*. Dette ved at råstoff ble tilsatt opp til maksimumsgrensen på kaffekvernen før det ble kvernet i 20 sekunder om gangen med gode nok pauser mellom hver runde slik at kaffekvernen ikke ble overopphetet. Råstoffet ble kvernet til det var et fint pulver. Råstoffet ble overført til plastikkposer og oppbevart mørkt, tørt og ved 4°C. For videre analyser fikk de fire prøvene kodenavnene etter høstested og prosesseringsmetode: HT (hav, tørket), HBT (hav, blansjert, tørket), FT (fjord, tørket) og FBT (fjord, blansjert, tørket).

2.3 Forsøksdesign

I figur 2 er forsøksdesignet for prosjektet vist.



Figur 2: Oversikt over forsøket og utførte analyser på sukkertare (*Saccharina latissima*)

2.4 Tillaging av vanneksrakt

Ekstraktet ble laget ved å veie opp 0,1 g pulverisert råstoff og tilsatt 5 ml destillert vann (dH₂O). Det ble så vortexet i 1 minutt før det ble sentrifugert (*Thermo Scientific: Heraeus Multifuge x1R; 2014*) i 10 minutter ved 5000 rpm. Deretter ble ekstraktene filtrert med glassull. Ekstraktene ble analysert samme dag eller oppbevart i fryser frem til analyse. Det ble laget tre ekstrakter fra hver prøve med to replikater for alle analysene bortsett fra FAA, hvor det ble laget ett ekstrakt fra hver prøve med to replikater.

2.5 Bestemmelse av askeinnhold

Det ble veid inn ca. 3g i forhåndsveide diegler. Dieglene ble plassert inn i kald ovn, og askeovnen ble satt til askefunksjonen (550 °C i 24 timer). Etter 24 timer ble ovnen skrudd av og etter 30 minutter ble den åpnet. Etter nye 30 minutter ble dieglene ført over til eksikator hvor de sto i 45 minutter til de var avkjølt. Dieglene ble veid på nytt igjen og aske ble bestemt med formel nr.1:

Formel 1: Viser formel for utregning av askeinnhold i %

$$\text{Akse i \%} = \frac{\text{Tørrvekt}(g) - \text{Tom skål vekt}(g)}{\text{Prøvevekt}(g)} \times 100$$

2.6 Kjeldahl for bestemmelse av totalt proteininnhold

Det totale proteininnholdet ble bestemt ved å måle nitrogeninnholdet ved bruk av Kjeldahl, metoden for malt og øl, men med noen tilpasninger (BUCHI, 2013). Det ble veid opp tre replikater med ca 100 mg acetanilid (C_8H_9NO) som referanseprøve og 400 mg prøve ble veid opp. Referanseprøvene/tareprøvene/blindprøvene ble tilsatt to katalysatortabletter og 15mL konsentrert svovelsyre (H_2SO_4). I oppslukningsenheten ble prøvene varmet opp og oppvarmingen på $420^\circ C$ ble endret til å vare 130 minutter. I tillegg ble det manuelt bestemt å oppvarme 15 minutter til ved $420^\circ C$, fordi prøvene ikke var klare nok i fargen for neste steg. For destillasjonsenheten ble omregningsfaktoren endret fra 6.25 til 5 og konsentrasjonen på titreringsysyren endret fra 0,1M til 0,25M svovelsyre.

2.7 Analyse av total aminosyresammensetning

Total aminosyresammensetning ble utført slik beskrevet av *Blackburn* (1978). Det ble veid opp tre replikater med cirka 50mg av hvert råstoff og tilsatt 1mL 6 M saltsyre (HCl). Prøvene ble hydrolysert ved $105^\circ C$ i 22 timer. Etter 22 timer ble prøvene avkjølt i romtemperatur før de ble overført til begerglass ved hjelp av dH_2O for å sikre at alt prøvestoffet kom med. Prøvene ble nøytralisert med natriumhydroksid (NaOH) til $pH 7 \pm 0,5$. Når riktig pH var oppnådd ble prøvene filtrert gjennom Whatman glass mikrofiber filter GF/C for å fjerne grove partikler. Prøvene ble overført til 10mL målekolber og det ble fylt opp dH_2O til 10mL. Deretter ble prøvene filtrert igjen med $0,22\mu m$ filter med sprøyte og fortynnet 1:500 med dH_2O før 0,205mL ble overført til prøverør og analysert ved «High-performance liquid chromatography» (HPLC) for å se sammensetningen av aminosyrer.

Selve HPLC-analysen ble gjennomført av laboratorieingeniør Siri Stavrum på næringsmiddelkjemilaboratoriet på Gløshaugen. Dionex GP50 gradientpumpe med 2 mobilfaser, A: metanol og B: natriumacetat. Reverseringsfasen, med auto-injector: Dionex UltiMate® 3000 + fokusert, Dionex UltiMate®3000 Autosampler. Dionex RF 2000 fluorencedetektor inkludert pre-kolonne-derivasjon med opa-o- phataldialdehydreagent P0 532 og Nova-Pak C18 $4\mu m$ ble brukt under gjennomføringen.

2.8 Analyse av frie aminosyrer

Metoden for å måle frie aminosyrer ble utført som beskrevet av *Osnes et.al* (1986). Det ble pipettert ut 1mL. av hvert ekstrakt (se 2.3), som ble blandet med 0,25mL. 10% sulfosalicylsyre ($C_7H_5O_6S$) og vortexet i 30 sekunder. Prøvene ble inkubert ved $4^{\circ}C$ i 30 minutter. Så ble de fortynnet og filtrert før kjøring på HPLC. Selve HPLC-analysen ble gjennomført som beskrevet i 2.7.

2.9 Bestemmelse av EAA til AA-forhold

For å kunne vurdere proteinkvaliteten ble det bestemt en EAA/AA-forhold. Det ble ved bestemmelse av totalt proteininnhold ved total aminosammensetning også bestemt en aminosyreprofil. Forholdet mellom EAA og total aminosyre (AA) forteller hvor mye EAA proteinene består av og dermed kan si noe om proteinkvalitet, derimot ble det ikke tatt hensyn til biotilgjengelighet og fordøyelighet (formel 2).

Formel 2: Viser formel for utregning for EAA/AA-forhold

$$EAA/AA - \text{fordeling} = \frac{\sum \text{sum av EAA}}{\sum \text{sum av AA}}$$

2.10 Bestemmelse av kjemisk score

For å kunne vurdere proteinkvalitet ble det også bestemt kjemisk score. Den ble bestemt ved å først finne hvor mange mg/g protein hver EAA utgjorde (formel 3). Deretter ble EAA (mg/g protein) sammenlignet med anbefalt mengde i mg/g referanseprotein for sunne voksne som er bestemt av FAO/WHO (FAO, 2011). Den EAA som ga lavest kjemisk score, bestemte prøvens kjemiske score, og ble omtalt som den begrensende EAA.

Formel 3: Viser formel for utregning av kjemisk score

$$Kjemisk\ score = \frac{mg\ av\ EAA/g\ protein}{mg\ av\ EAA\ i\ referanse\ proteinet(g)}$$

2.9 DPPH radikal slukningsmetode for å måle antioksidantaktivitet

DPPH radikal slukningsmetode ble utført som beskrevet av Thiansilakul et.al. (Thiansilakul et al., 2007). DPPH-løsningen tilberedt ved å tilsette 0,15 mM DPPH i 96% etanol (C_2H_6O) og blandingen ble tildekket med aluminiumsfolie og inkubert under omrøring to netter ved $4^{\circ}C$. Det ble tilsatt 1,5 mL av ekstraktet/standard/80% metanol (CH_3OH)/ dH_2O i reagensrør, før det ble tilsatt 1,5 mL DPPH-løsning i alle rør og vortexet til reagensrørene hadde fått en jevn og gul farge. Prøvene ble dekt til av aluminiumsfolie og inkubert ved romtemperatur i 30 minutter.

Etter inkuberingstiden ble absorbansen lest av spektrofotometrisk ved 517 nm med 96% etanol som referanse. Propylgallate (10mM) ble brukt som standard med konsentrasjoner fra 10 μ M- 30 μ M og analysen ble gjennomført i triplikat.

2.10 ABTS radikal slukningsmetode for å måle antioksidantaktivitet

ABTS radikal slukningsmetode ble utført som beskrevet av Nenadis et.al. (Nenadis et al., 2004). Dagen før avlesning av absorbansen ble ABTS \bullet + -løsningen tillaget ved å blande ABTS-løsning 7mM og kaliumpersulfat ($K_2S_2O_8$) i en flaske. Den ble blandet lett før den ble tildekt med aluminiumsfolie og satt til å reagere over natten i romtemperatur. Neste dag ble ABTS \bullet + -løsningen fortynnet med 80% metanol til ønsket absorbans på $0,75 \pm 0,05$ ved 734 nm, med dH₂O som referanse. Først ble ABTS \bullet + -løsningen fortynnet 1:90, før det ble tilsatt ca. 40 dråper med dråpeteller før ønsket absorbans ble oppnådd. Det ble tilsatt 200 μ L fortynning/ekstrakt/80% metanol/ dH₂O i reagensrør, som ble blandet med 2mL ABTS \bullet + -løsning, før det ble vortexet godt. Prøvene ble dekt med aluminiumsfolie og satt til inkubering i 6 minutter i romtemperatur. Etter inkuberingen ble det målt spektrofotometrisk ved 734nm, med dH₂O vann som referanse. Propylgallate (10mM) ble brukt som standard med konsentrasjoner fra 10 μ M - 50 μ M og analysen ble gjennomført i triplikat.

2.11 Folin-Ciocalteus metode for å måle totale fenol

Folin-Ciocalteu-analysen ble utført som beskrevet av *Nenadis et al.* (Nenadis et al., 2004). I ulike reagensrør ble 5mL dH₂O, 0,5mL FCR og 0,5mL av ekstrakt/standardløsning/blank (80% metanol) tilsatt. Dette ble så vortexet i 30 sekunder før 1 ml 80% Na₂CO₃ og 3mL dH₂O ble tilsatt og blandingen ble vortexet i nye 30 sekunder. Prøvene ble dekt med aluminiumsfolie og inkubert i 1 time ved romtemperatur før absorbansen ble målt spektrofotometrisk ved 725nm. Propylgallate (10mM) ble brukt som standard med konsentrasjoner fra 0,25– 3mM, og dH₂O ble brukt som referanse.

2.12 FRAP-analyse for å måle jernioniserende antioksidantaktivitet

FRAP-analysen ble utført slik som beskrevet av *Benzie & Strain* (1996). FRAP løsningen ble laget ved å blande 5mL av Fe (III)-løsning (19mM) og TPTZ-løsning (10mM), samt 50 mL acetat buffer. I en mikroplate ble 10 μ L av ekstrakt eller standardløsning tilsatt i brønnene og

tilsatt 30 μ L dH₂O samt 300 μ L FRAP-løsning. Et unntak var for ekstraktet til HT, hvor det ble pipettert ut 5 μ L med 35 μ L dH₂O. Trolox ble brukt som standard med konsentrasjoner fra 31,25 μ M - 1000 μ M, og dH₂O ble brukt som referanse.

2.13 Tillaging av standard

Standarden som ble brukt i analysene ABTS, DPPH og Folin-Ciocalteus var basert på 10 mM Propylgallate (C₁₀H₁₂O₅). Løsningen ble tillaget ved å veie opp 0,53g Propylgallate i en målekolbe som ble tilsatt metanol (80%) opp til 250mL merket. Deretter ble løsningen fortynnet ut ifra hvilken analyse som ble utført. For ABTS ble løsningen fortynnet med metanol (80%) til konsentrasjonene 10 μ M, 20 μ M, 30 μ M, 40 μ M, 50 μ M. For DPPH ble løsningen fortynnet med metanol (80%) til konsentrasjonene 10 μ M, 15 μ M, 20 μ M, 25 μ M, 30 μ M. For Folin-Ciocalteu--analysen ble løsningen fortynnet med dH₂O til konsentrasjonene 0,25mM, 0,5mM, 1mM, 1,5M, 2mM, 2,5mM og 3mM.

Trolox-standardens som ble brukt i FRAP-analysen ble tillaget ved å veie opp 2,5mg Trolox (C₁₄H₁₈O₄) som ble løst opp i 1mL metanol (100%). Deretter ble 20 μ M av løsningen tilsatt i et reagensrør og videre fortynnet med dH₂O til konsentrasjonene 1000 μ M, 500 μ M, 250 μ M, 125 μ M, 62,5 μ M og 31,25 μ M.

3. Resultater og diskusjon

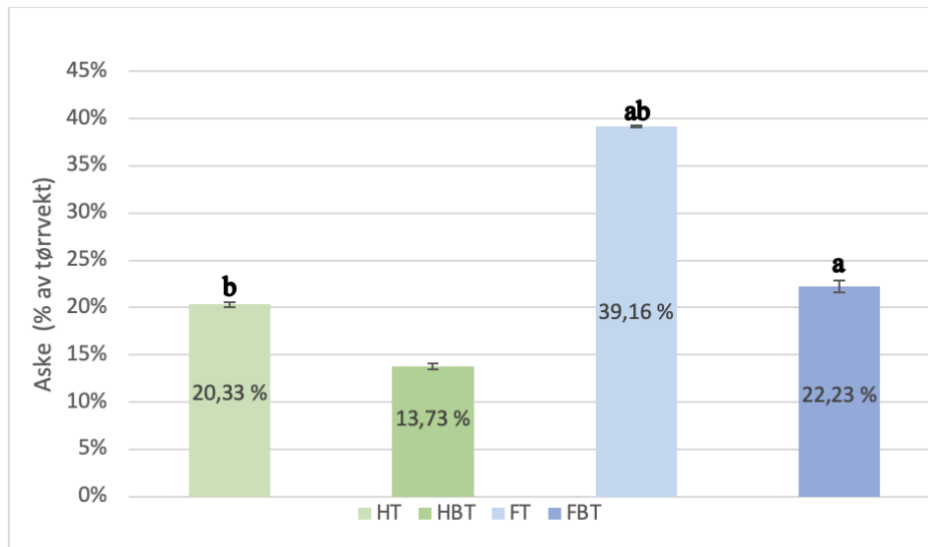
Hovedmålet med denne oppgaven var å undersøke betydningen av lokasjon og prosessering for innholdet av mineraler, proteiner, aminosyrefordeling, samt antioksidantaktivitet i *S.*

latissima høstet ved to forskjellige høstesteder og prosessert ved lufttørking, eller blansjering etterfulgt av lufttørking.

3.1 Mineralinnhold bestemt ved askeinnhold

Figur 3 viser mineralinnholdet av hvert råstoff bestemt ved måling av askeinnhold. Snittet av HT og FT lå på ca. 30%, noe som samsvarer med hva som tidligere er dokumentert for tørket *S. latissima* av Schiener *et.al* som fant et snitt på ca. 32% (2015). Resultatet er også i samsvar med det som er vanlig å finne i makroalger, men noe lavere enn det som er vanlig å finne i brunalger (1.4.1). Da det ikke ble gjort noen videre analyser av spesifikke mineraler, kan det heller ikke tas en vurdering om hvilken ernæringsmessig betydning mineralinnholdet i prøvene vil ha.

Figur 3: Askeinnholdet (prosent av tørrvekt) i sukkertare (*Saccharina Latissima*) høstet fra havet og tørket (HT), blansjert og tørket (HBT), og fra fjord og tørket (FT), og blansjert og tørket (FBT). Resultatene er presentert som gjennomsnitt (HT, HBT og FBT med n=3 og FT (n=2) og) med standardavvik.



Ulik bokstav indikerer signifikant forskjell mellom høstested med samme prosesseringsmetode (a) og mellom prosesseringsmetode innad samme høstested (b).

3.1.1 Sammenligning av mineralinnhold mellom høstestedene

Mineralinnholdet i kun tørket *S. latissima* fra fjord (FT) hadde et signifikant høyere mineralinnhold enn *S. latissima* høstet fra hav (HT), på henholdsvis 40% og 20% av tørrstoff (figur 3). I de blansjerte prøvene var mineralinnholdet noe lavere, med ca. 14% i HBT sammenlignet med 22% i FBT (figur 3).

Hovedforskjellene mellom er hovedsakelig høstested, men prøvene hadde også flere ulikheter som høstetid og alder på plantene. Det er kjent at den kjemiske sammensetningen til makroalger varierer i stor grad med sesong (1.4). Flere studier viser et høyt mineralinnhold i *S. latissima* i vintermånedene, *Marinho et. al* viser høyest innhold i januar med en nedgang mot den laveste verdien målt i juni (2015; Schiener et al., 2015). Ut ifra høstetidspunkt ville det vært forventet at råstoffene høstet fra fjord hadde lavere mineralinnhold sammenlignet med hav. Dette er ikke i samsvar med resultater fra dette studiet. Det er derfor sannsynlig at andre faktorer utgjør en større betydning for askeinnholdet enn årstiden, slik som høstested. Basert på at makroalger absorberer mineraler opp fra miljøet er det naturlig at høstested vil ha stor påvirkning til at mineralinnholdet, hvor vi fant høyere verdier i råstoff fra fjord (Muñoz & Díaz, 2022). Det er naturlig å tenke at høstestedet i fjorden vil ha større andel mineraler i sjøvannet på grunn av større avrenning fra land. Observasjoner gjort av Kelpinor viser til at det er lavere salinitet i fjord sammenlignet med havet. En studie gjort på sammenligning av vill *S. latissima* fra havn og dyrket *S. latissima* fra fjord, fant i motsetning til våre resultater høyest askeinnhold der hvor

saliniteten var lavest. Saliniteten ved havnen var lavest på rundt 22% og askeinnholdet lå på rundt 30% i februar-mars, sammenlignet med i fjorden på rundt 27-28% og et askeinnhold på rundt 40% i februar-mars (Manns et al., 2017). Selv om det ble observert høyere askeinnhold ved høyere salinitet ble det ikke konkludert med at det var av avgjørende betydning.

3.1.2 Sammenligning av prosesseringsmetode

Ved sammenligning av prosessering, ble det vist et signifikant lavere innhold av mineraler ved de blansjerte prøvene av *S. latissima* både for HT sammenlignet med HBT og for FT sammenlignet med FBT (figur 3). Prøvene ble blansjert i ferskvann ved 70 grader, som underbygger at høy temperatur og lav saltholdighet vil bidra til reduksjonen av mineraler (1.5.1).

En annen mulig årsak kan være at prøvene ikke ble vasket etter høsting. Dette kan ha resultert i at mineraler fra omgivelsene har tørket på overflaten av prøvematerialet ved prosessering, noe som vil kunne overestimere mineralinnholdet i selve prøven (Fische, 2016). Blansjering kan ha en rensende effekt på råstoff ved å fjerne forurensing. Dette kan bety at prøvene som ble blansjert kan ha rensert bort mineralene fra omgivelsene som har festet seg på overflaten, og færre mineraler fra omgivelsen påvirker prøveresultatet (Reis, 2017). Dette kan være en årsak til at HT og FT hadde høyere mineralinnhold sammenlignet med HBT og FBT.

Selv om videre analyser på mineralinnholdet ikke er utført, er det dokumentert at innholdet av jod reduseres signifikant ved blansjering (Nielsen et al., 2020). Det er nærliggende å tro at også andre mineraler enn jod vil tapes, siden sukkertare inneholder mange andre mineraler og sporstoffer (1.4.1) (Nielsen et al., 2020). Likevel kan det ikke konkluderes at mineraler som jod er redusert ned til en konsentrasjon som gjør råstoffet egnet for konsum (Aakre et al., 2021).

3.2 Proteininnhold bestemt ved Kjeldahl og total aminosyresammensetning

Proteininnholdet ble bestemt både med Kjeldahl (Omregningsfaktor 3 og 4,76) og ved total aminosyresammensetning (tabell 1). Alle metodene viste det høyere proteininnhold i prøver høstet fra fjord sammenliknet med prøver høstet fra hav, og for prøvene som var blansjert. Ved å bruke omregningsfaktor 4,76 ble det høyeste proteininnholdet funnet, hvor HT hadde ca. 4%, HBT ca. 5%, FT ca. 10% og FBT ca. 12%. Ved å bruke omregningsfaktor 3 ble proteininnholdet noe lavere (henholdsvis 3%, 3%, 6%, 7%). Ved å summere TAA fratrukket molekylvekten for vann ble proteininnholdet for HT ca. 3%, for HBT ca. 2%, FT ca. 4% og FBT ca. 6,3%.

Tabell 1: Proteininnhold oppgitt i % av tørrvekt (P%) målt ved både Kjeldahl med to ulike omregningsfaktorer og ved måling av total aminosyresammensetning (TAA). i sukkertare (*Saccharina Latissima*) høstet fra havet og tørket (HT), blansjert og tørket (HBT), og høstet fra fjord og tørket (FT) og blansjert og tørket (FBT). Resultatene er presentert som gjennomsnitt (n=3) og standardavvik (St. avvik).

| | HT | | HBT | | FT | | FBT | |
|-----------------|------|----------|-------------------|----------|--------------------|----------|---------------------------------|----------|
| | P% | St.avvik | P% | St.avvik | P% | St.avvik | P% | St.avvik |
| Kjeldahl (4,76) | 3,94 | 0,048 | 4,77 _b | 0,062 | 10,00 ^a | 0,249 | 11,52 ^a _b | 0,038 |
| Kjeldahl (3) | 2,48 | 0,031 | 3,01 _b | 0,040 | 6,30 ^a | 0,157 | 7,26 ^a _b | 0,024 |
| TAA | 2,44 | 0,002 | 2,22 | 0,005 | 4,40 ^a | 0,007 | 6,30 ^a _b | 0,006 |

Ulik bokstav indikerer signifikant forskjell mellom høstested med samme prosesseringsmetode (a) og mellom prosesseringsmetode innad samme høstested (b).

Alle resultatene samsvarte med tidligere dokumenterte verdier for brunalger mellom 3-15%, med unntak av HT og HBT bestemt ved TAA, og det som er vanlig å se for *S. latissima* med innhold mellom 1,1-16% (Torres et al., 2019)

3.2.1 Omregningsfaktor ved Kjeldahl

Ifølge *Angell et al.* er bruk av total aminosyresammensetning (TAA) i tillegg til Kjeldahl den mest korrekte måten å estimere omregningsfaktoren på (2015). *Angell et al.* bestemte omregningsfaktor basert på målinger av proteininnholdet ved ulike sesonger, og kunne anslå en global omregningsfaktor for makroalger. Denne ble beregnet til å være ca. 5, med en median på 4,97 og et gjennomsnitt på 4,76. I dette prosjektet ble det valgt å bruke gjennomsnittet som en av omregningsfaktorene til å bestemme proteininnholdet ved Kjeldahl. I liket med *Angell et al.* viste *Manns et al.* at protein hadde store sesongvariasjoner, og de bestemte ulike omregningsfaktorer basert på sesong (2017). omregningsfaktoren ble bestemt til å ligge mellom 2,1-5,9, med lavere faktor i vintermånedene (lavest i februar) (Manns et al., 2017). Basert på at høstetidspunktet for våre prøver var i februar-mars ble det også regnet ut proteininnhold ved bruk av omregningsfaktor 3.

Ved begge omregningsfaktorene for Kjeldahl var proteininnholdet høyere enn det som ble bestemt ved TAA. Dette var forventet siden Kjeldahl ikke skiller proteinbundet nitrogen fra nitrogen i andre forbindelser (Mæhre et al., 2018). Det var resultatene med omregningsfaktor 3 som lignet mest på proteininnholdet funnet ved TAA. Noe som står i samsvar med at i vintermånedene skal en lavere omregningsfaktor benyttes (Manns et al., 2017).

3.2.2 Sammenligning av proteininnhold i sukkertare høstet på forskjellige steder

Proteininnholdet var signifikant høyere i FT sammenlignet med HT, bestemt både ved Kjeldahl og ved TAA (tabell 1). Denne forskjellen var også gjeldende i prøvene som bar blansjert før lufttørking.

To faktorer som påvirker proteininnhold, kan være alder og sesong. Råstoffet høstet fra hav var 2-års planter og råstoffet høstet fra fjord var 1-års planter. Våre resultater samsvarer med det *Holdt & Kraan* fant i sin studie, hvor de yngste plantene (fjord) hadde høyest proteininnhold (*Holdt & Kraan, 2011*). *Holdt & Kraan* målte også høyest proteininnhold i *S. latissima* i februar og mai. I et senere studie viste *Marinho et. al* (2015) derimot til høyest proteininnhold av *S. latissima* i november og lavest i mai-juli. Dette tyder på at proteininnhold varierer med flere faktorer enn kun sesong og en av de kan være, som *Manns et al.* spesifiserte, høstested.

Innenfor et høstested er det videre flere ulike faktorer som påvirker miljøet makroalgene befinner seg i, blant annet eksponering for bølger og strøm. En studie gjort på ulike makroalger med ulike eksponeringer for vannstrøm og bølger viste dog at proteininnholdet varierte med sesong, men det ble ikke funnet signifikant sammenheng mellom proteininnhold og eksponering for havstrøm og bølger (*Mols-Mortensen et al., 2017*).

3.2.3 Sammenligning av proteininnhold i lufttørket og blansjert før lufttørket sukkertare

HBT og FBT hadde signifikant høyere proteininnhold sammenlignet med henholdsvis HT og FT bestemt ved Kjeldahl 4,76 og Kjeldahl 3 (tabell 1). Derimot ble det ved TAA observert at proteininnholdet i HBT var lavere sammenliknet med HT. Det var forventet et lavere proteininnhold ved blansjering som resultat av at vannløselige proteiner kan diffundere ut (*Lafeuille et al., 2022*).

Det høyere innholdet av protein i de blansjerte prøvene målt ved Kjeldahl kan skyldes nitrogenforbindelser i blansjeringsvannet. En studie gjort på blansjering av soyabønner viste et høyere nitrogeninnhold etter blansjering. Dette er i samsvar med våre resultater fra Kjeldahl ved prøvene fra fjord. Det ble foreslått at det kan skyldes innholdet av nitrogen forbindelser i blansjeringsvannet som øker konsentrasjonen av nitrogen i cellene gjennom osmose (*Mozzoni et al., 2009*). I tillegg til økt nitrogen gjennom osmose, kan det i vårt tilfelle ha tørket nitrogenforbindelser fra blansjeringsvannet på overflaten av råstoffet ved lufttørkingen i etterkant og dermed bidratt til å utrykke et høyere proteininnhold.

En studie av *Lafeuille et.al* observerte en signifikant økning av proteininnhold ved blansjering av to prøver *S. latissima* (2022), mens *Nielsen et.al* observerte en ikke-signifikant økning i proteininnholdet i *S. latissima* ved blansjering (2020). Utover dette, er det, så vidt oss bekjent, lite annen litteratur som viser en signifikant økning av proteininnholdet ved blansjering.

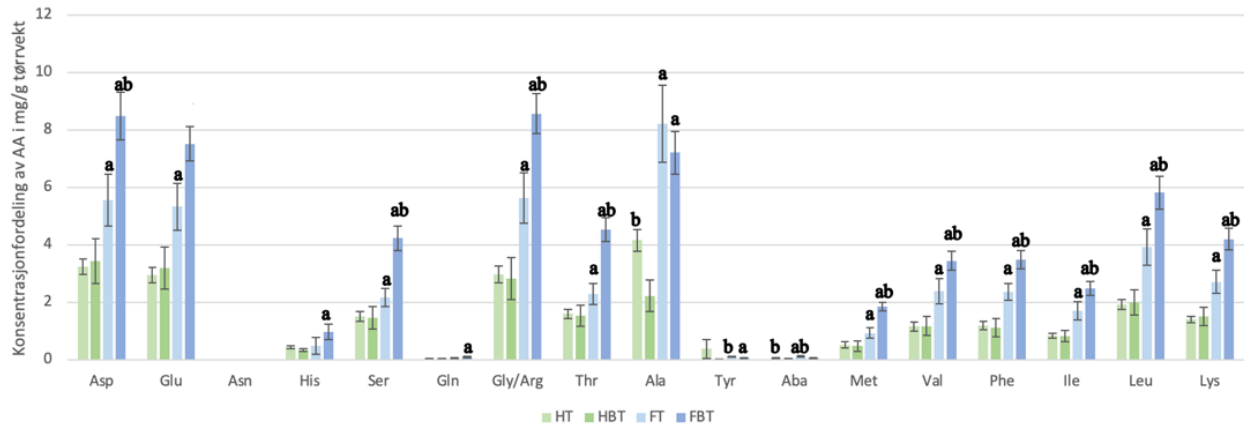
TAA målte også en høyere konsentrasjon i den blansjerte prøven i råstoff høstet fra fjord. Derimot vil ikke TAA påvirkes av nitrogen, slik som Kjeldahl. Noe som kan høyere i blansjert ved TAA er at i likhet med at vannløselig protein kan lekke ut i blansjeringsvannet, kan også andre vannløselige forbindelser det. For eksempel kan mannitol utgjøre 20-30% av tørrvekten i brunalger (Holdt & Kraan, 2011). Mannitol er en vannløselig sukkeralkohol og kan dermed diffundere ut ved blansjering. Det er også påvist signifikant reduksjon av mannitol ved blansjering av *S. latissima* (Wirenfeldt et al., 2022). Det gir grunn til å tro at flere vannløselige forbindelser kan ha lekket ut i blansjeringsvannet, som igjen kan føre til et økt proteininnhold ved blansjering. Dette kan også gjelde for mineraler, ved at mineralinnholdet går ned ved blansjering.

3.3 Aminosyreprofil bestemt ved total aminosyresammensetning

Figur 4 viser fordelingen av aminosyresammensetningen for 16 ulike aminosyrer og alfaaminosmørsyre (Aba). Tryptofan, cystein og serin ble ikke detektert, noe som kan skyldes delvis eller fullstendig ødeleggelse ved hydrolyse (Angell et al., 2015). Det er dokumentert at cystein kan forekomme i for lave konsentrasjoner til å bli detektert ved noen årstider, og denne aminosyren ble ikke funnet i *S. latissima* mellom november-mai (Holdt & Kraan, 2011). Prolin

ble heller ikke detektert i dette studiet. Asparagin ble detektert i små konsentrasjoner fra 0,002-0,004 mg/g tørrvekt, lavest i HBT og høyest i FT, og er derfor ikke inkludert i figur 4.

Figur 4: Aminosyreprofil oppgitt i mg/g tørrvekt målt ved total aminosyresammensetning i sukkertare (*Saccharina latissima*) høstet fra havet og tørket (HT, blansjert og tørket (HBT), og høstet fra fjord og tørket (FT), og blansjert og tørket (FBT). Resultatene er presentert som gjennomsnitt (n=3) og standardavvik.



Ulik bokstav indikerer signifikant forskjell mellom høstested med samme prosesseringsmetode (a) og mellom prosesseringsmetode innad samme høstested (b).

For begge høstestedene og begge prosesseringsmetodene var de fem aminosyrene alanin, asparginsyre, glycin/arginin, glutaminsyre og leucin dominerende og opptrådte i høyest konsentrasjoner. Alanin utgjorde 2-6,5 mg/g tørrvekt med høyest konsentrasjon i FBT og lavest ved HBT. Asparginsyre utgjorde 2,8-8,3 mg/g tørrvekt med høyest konsentrasjon for FBT og laves ved HT. Glysin/arginin var høyest for FBT og lavest for HBT, og utgjorde 2,5-6,8 mg/g tørrvekt. Leusin lå mellom 4,1-2,8 mg/g tørrvekt og var høyest i FBT og lavest i HT. Tilsvarende høye konsentrasjoner av asparginsyre og glutaminsyre ble også tidligere observert i prøver av *S. latissima* (Biancarosa et al., 2017; Marinho et al., 2015).

3.3.1 Sammenligning av aminosyreprofil mellom høstestedene

I likhet med observasjoner av totalt proteininnhold i 3.2 opptrådte de fleste aminosyrene i signifikant høyere konsentrasjoner hos FT sammenlignet med HT, med unntak av asparagin, histidin, glutamin og tyrosin (figur 4). FBT hadde også signifikant høyere konsentrasjon sammenlignet med HBT av de fleste aminosyrene med unntak av asparagin og aba der det ikke ble påvist signifikante forskjeller (figur 4).

3.3.2 Sammenligning av aminosyreprofil mellom prosesseringsmetodene

Ved sammenligning av de ulike prosesseringsmetodene ble det påvist signifikant lavere konsentrasjoner av alanin og alfa-aminosmørtsyre i HBT sammenlignet med HT (figur 4). Alanin ble nesten halvert i HBT sammenlignet med HT, med 4,15 mg/g i HT til 2,26 mg/g ved HBT.

For råstoff høstet fra fjord ble det funnet signifikant økning ved blansjering for flere av aminosyrene. Unntakene var at det ikke ble funnet signifikant forskjell for asparagin, histidin, glutamin og alanin mellom FT og FBT, og at tyrosin og aba viste en signifikant reduksjon i FBT sammenlignet med FT. Konsentrasjonen av glutaminsyre gikk signifikant opp for råstoff høstet fra fjord ($p < 0,05$), som gikk fra FT ved 5,3 mg/g tørrvekt til 7,5 mg/g tørrvekt ved FBT.

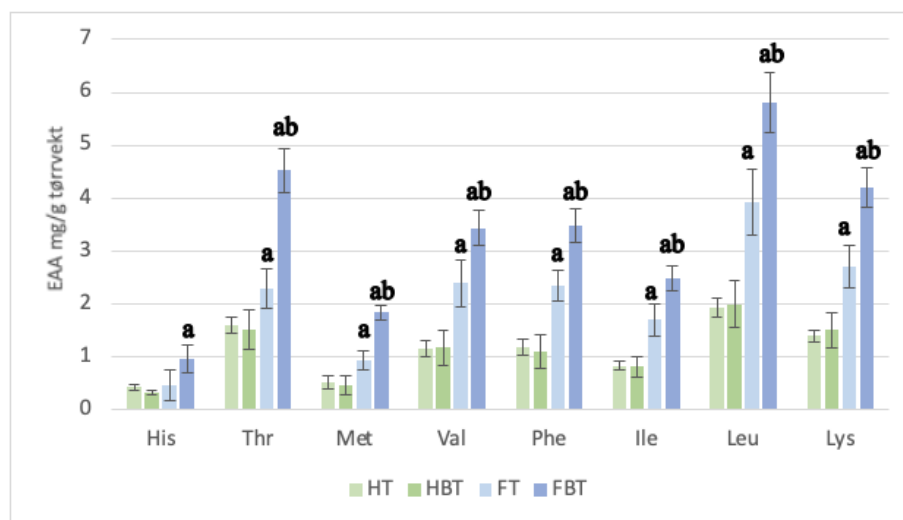
Observasjoner gjort av *Nielsen et.al* viste en signifikant reduksjon av aminosyrene alanin og glutaminsyre ved blansjering (2020). Dette er i likhet med noen av våre resultater. Ved høstested hav ble det påvist signifikant lavere konsentrasjon av alanin i HBT sammenlignet med HT. En mulig årsak til at alanin ble observert lavere i blansjerte prøver kan skyldes aminosyrenes oppbygning. Aminosyrer er zwitterioner og dermed løselig i vann, samt at alanin har en liten R-gruppe som gjør de mer vannløselig. I motsetning til *Nielsen et.al* sine funn ble det ikke påvist signifikant forskjell i konsentrasjonen av alanin for råstoff høstet fra fjord, selv om det er observert mindre alanin i FBT sammenlignet med FT. Den største motsetningen til deres observasjoner var at det i dette studiet ble påvist signifikant høyere konsentrasjon av glutaminsyre i FBT sammenlignet med FT, og det ble også observert høyere i HBT sammenlignet med HT.

Årsaken til at flere aminosyrer har økt i konsentrasjon etter blansjering kan være i likhet med det beskrevet i 3.2.3. Blansjeringsvannet kan ha hatt frie aminosyrer som har forurenset prøvene ved blansjering og tørket fast på overflaten ved lufttørking. En annen viktig faktor er tap av andre forbindelser som fører til at selve konsentrasjonen av aminosyrer pr gram prøve vil bli høyere.

3.4 Innhold av essensielle aminosyrer

Figur 5 viser EAA-profilen. FBT hadde høyest konsentrasjoner av samtlige EAA, etterfulgt av FT. Leusin utgjorde størstedelen av de EAA i alle de fire prøvene mellom 1,93-5,82 mg/g tørrvekt, lavest i HT og høyest i FBT.

Figur 5: Essensielle aminosyrer (mg/g tørrvekt) i sukkertare (*Saccharina latissima*) høstet fra havet og tørket (HT, blansjer og tørket (HBT), og høstet fra fjord og tørket (FT) og blansjert og tørket (FBT). Resultatene er presentert som gjennomsnitt (n=3) og med standardavvik.



Ulik bokstav indikerer signifikant forskjell mellom høstested med samme prosesseringsmetode (a) og mellom prosesseringsmetode innad samme høstested (b).

3.4.1 Sammenligning av essensielle aminosyrer mellom høstestedene

I likhet med observasjonene gjort under 3.3.1 av et høyere TAA i FT og FBT sammenlignet med HT og HBT, ble det påvist signifikant høyere konsentrasjoner av EAA ved de samme høstestedene. Unntaket var for histidin som ved tørking ikke ble påvist signifikant ulik mellom HT og FT.

3.4.2 Sammenligning av essensielle aminosyrer mellom prosesseringsmetodene

Ved sammenligning av de ulike prosesseringsmetodene ble det ikke funnet noe signifikant forskjell mellom HT og HBT. Sett ut fra figur 5 varierer det om spesifikke EAA er i høyere eller lavere konsentrasjoner ved HBT sammenlignet med HT. Treonin, leucin og lysin øker litt, i motsetning til histidin, metionin, fenylalanin og isoleucin som opptrer i lavere konsentrasjoner

hos HBT. Valin er tilnærmet lik mellom de to prosesseringsmetodene, med 1,16 mg/g tørrvekt i HT og 1,17 mg/g tørrvekt i HBT.

Det ble derimot påvist en signifikant økning av alle essensielle aminosyrer, bortsett fra histidin i FBT sammenlignet med FT. Blansjering kan øke proteinkvaliteten ved at NEAA lekker ut ved blansjering, som gjør forholdet mellom EAA og NEAA mindre til fordel for EAA (Nielsen et al., 2020). Som nevnt i 3.3.2 ble tyrosin, aba og alanin, hvorav aba var signifikant, redusert ved FBT sammenlignet med FT. Dette kan ha bidratt til å øke mengde EAA ved blansjering.

3.4.3 EAA/AA-forhold for prøvene

EAA/AA-forhold ble bestemt i % av g tørrvekt. FT og FBT hadde høyest EAA/AA-forhold på 38% og 42% som står i samsvar til at det også ble observert signifikant høyere konsentrasjoner av EAA i de prøvene sammenlignet med HT og HBT.

Tabell 2: EAA/AA-forhold av sukkertare (*Saccharina Latissima*) høstet fra hav og tørket (HT), blansjert og tørket (HBT), og høstet fra fjord og tørket (FT), fjord blansjert og tørket (FBT). Resultatene er presentert som gjennomsnitt (n=3).

| Prøve | EAA/AA |
|----------------------------|--------|
| Havet, tørket | 37 % |
| Havet, tørket og blansjert | 40 % |
| Fjord, tørket | 38 % |
| Fjord, tørket og blansjert | 42 % |

Også i samsvar med 3.4.3 ble det anslått en høyere EAA/AA-forhold for prøvene som ble blansjert, hvor HBT hadde 40% sammenlignet med HT med 37%. Alle verdiene er opp mot hva man kan finne i makroalger (1.4.2). Lignende verdier har også blitt dokumentert av *Grandorf* (2017) og *Ortind* (2015) som fant en EAA/AA% på 33-52 og 30-42% (som referert i *Wirenfeldt*, 2017).

3.4.4 Kjemisk score

En måte å vurdere proteinkvalitet på er å kalkulere kjemisk score. Det er en verdi viser konsentrasjonen av hver aminosyre i proteinet sammenliknet med et referanseprotein (FAO, 2011). Den kjemiske scoren til prøvene ble regnet ut for alle EAA (vedlegg 1), men den begrensende EAA bestemmer den avgjørende kjemiske scoren. Det var metionin* som var begrensende for HT og HBT og histidin som var begrensende for FT og FBT. *Marinho et al.* presenterte også histidin som begrensende aminosyre ved prøver høstet i mars (2015). HT og HBT hadde en ganske lik kjemisk score på 0,97 og 0,98. FT scoret noe lavere på 0,72. Det er

noe lavere enn det alger ofte ligger mellom, men fortsatt høyere enn det vegetabiler ofte scorer (se 1.4.1). Derimot scoret FBT opp mot 1,02 som er høyere enn det alger ligger mellom og er sammenlignbart med det man finner i animalsk protein.

Tabell 3: Oversikt over Kjemisk score og begrensende EAA i sukkertare (*Saccharina Latissima*) høstet fra hav og tørket (HT), blansjert og tørket (HBT), og høstet fra fjord og tørket (FT) og blansjert og tørket (FBT)

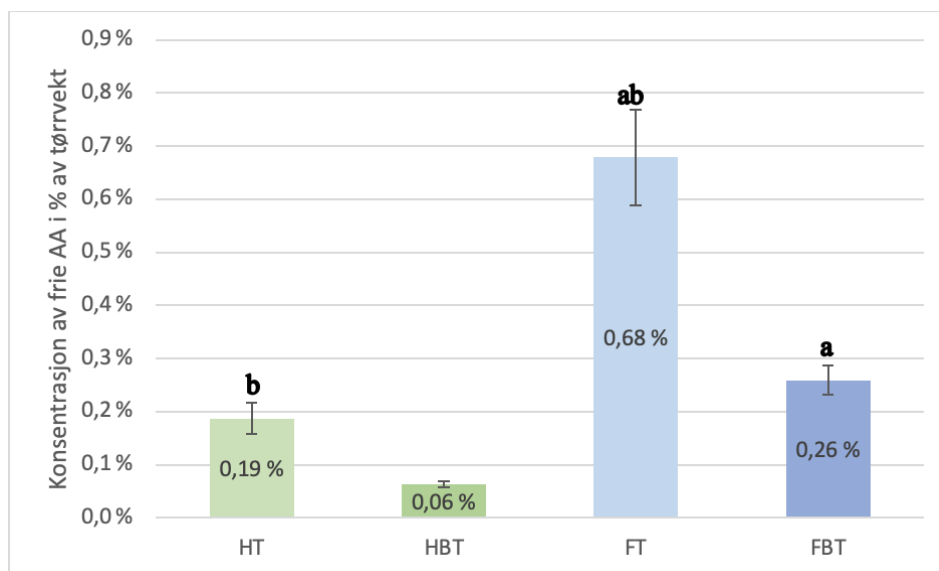
| Prøve | Kjemisk score | Begrensende EAA |
|----------------------------|---------------|-----------------|
| Havet, tørket | 0,97 | Metionin* |
| Havet, blansjert og tørket | 0,98 | Metionin* |
| Fjord, tørket | 0,72 | Histidin |
| Fjord, blansjert og tørket | 1,02 | Histidin |

* I anbefalingene om metionin er cystein også vurdert inn, men vi har ikke fått utslag av cystein ved TAA som følge av fullstendig/delvis ødeleggelse under hydrolysering. Dette kan ha bidratt til at den kjemiske scoren kan være underestimert.

3.5 Frie aminosyrer bestemt ved fri aminosyresammensetning

FAA ble målt ved fri aminosyresammensetning (figur 6). HT ble målt til ca. 0,2%, HBT til ca. 0,06%, FT til ca. 0,7% og FBT til ca. 0,3%. Dette er lavere enn det som er vanlig å se i makroalger på mellom 2-14% (Mæhre et al., 2014).

Figur 6: Konsentrasjon av fire aminosyrer gitt i % i sukkertare (*Saccharina latissima*) høstet fra havet og tørket (HT), blansjert og tørket (HBT) og høstet fra fjord og tørket (FT) og blansjert og tørket (FBT). Målt ved fri aminosyresammensetning. Resultatene er vist i gjennomsnitt (n=3) og med standardavvik.



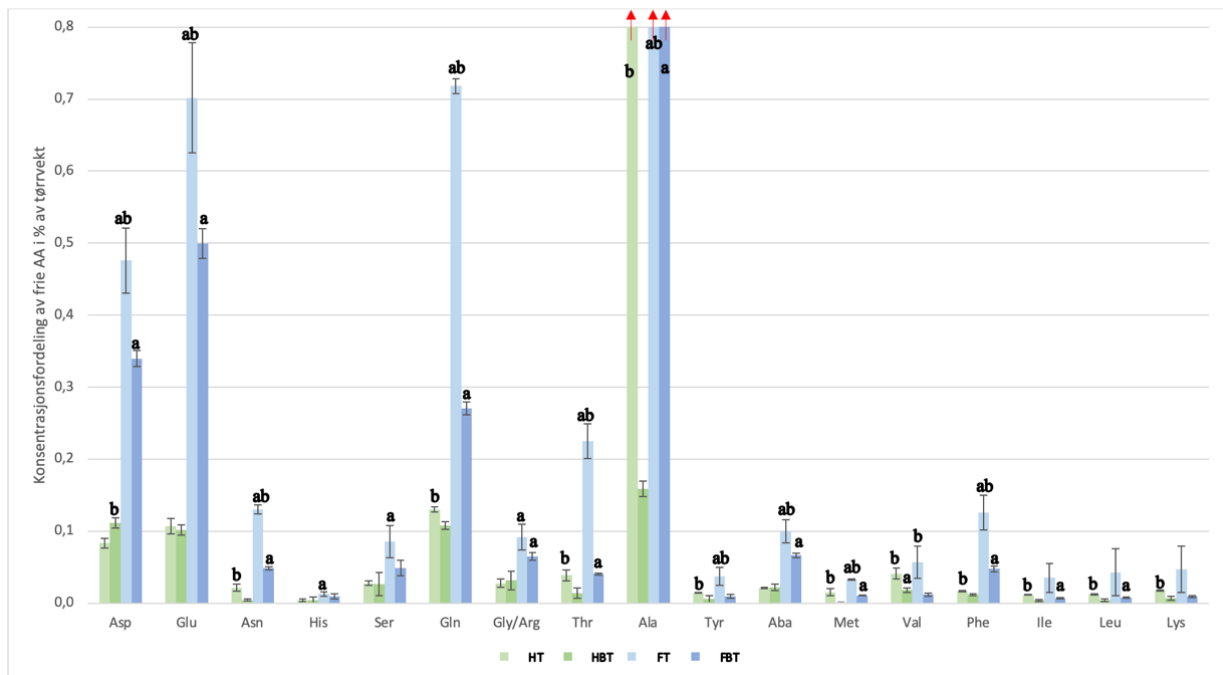
Ulik bokstav indikerer signifikant forskjell mellom høstested med samme prosesseringsmetode (a) og mellom prosesseringsmetode innad samme høstested (b).

FT fikk påvist signifikant høyere konsentrasjoner av frie AA sammenlignet med HT, og FBT ble påvist med signifikant høyere konsentrasjoner sammenlignet med HBT. I tillegg ble det påvist høyest konsentrasjoner av frie aminosyrer i HT og FT sammenlignet med HBT og FBT.

3.5.1 Aminesyreprofil av frie aminosyrer

Aminosyrefordelingen for frie aminosyrer viser høyest verdi av alanin for HT 1,28 mg/g tørrvekt, FT 3.87 mg/g tørrvekt, FBT 1,10 mg/g tørrvekt vist med en pil i figur 7.

Figur 7: Fri aminosyrefordeling i % av tørrvekt i sukkertare (*Saccharina Latissima*) høstet fra havet og tørket (HT), blansjert og tørket (Vises for alle råstoffene, havet tørket (HT), havet blansjert og tørket (HBT), fjord tørket (FT) og fjord blansjert og tørket (FBT). Resultatene er presentert som gjennomsnitt (n=3) og med standardavvik. Rødt pil indikerer konsentrasjoner utenfor y-akse.



Ulik bokstav indikerer signifikant forskjell mellom høstested med samme prosesseringsmetode (a) og mellom prosesseringsmetode innad samme høstested (b).

Alanin er sterkt koblet med søt smak og var signifikant høyere i FT og FBT sammenlignet med HT og HBT. Flere andre aminosyrer var også signifikant høyere i FT sammenlignet med HT, med unntakene valin, isoleucin, leucin og lysin som ikke ble funnet signifikant ulik. I FBT var også de fleste aminosyrene signifikant høyere i FBT sammenlignet med HBT, med unntak av histidin, serin, tyrosin og lysin der det heller ikke ble påvist signifikant forskjeller.

Ved sammenligning av prosesseringsmetodene ble det funnet signifikant reduksjon i innhold av flere FAA ved blansjering. Unntaket i råstoff høstet fra hav var glutaminsyre, histidin, serin, glysin/arginin og aba, hvor det ikke ble påvist noe signifikant forskjell mellom prosesseringsmetodene. I tillegg ble det påvist en signifikant økning av asparaginsyre ved

blansjering i råstoffet høstet fra hav. For råstoff høstet fra fjord ble det målt signifikant reduksjon av FAA for alle med unntak av histidin, serin, glysin/arginin, isoleucin, leucin og lysin.

3.5.2 Frie aminosyrer og påvirkning på smak

De tre aminosyrene som bidrar med den karakteristiske smaken av nori, vanlig tang å bruke i sushi, er alanin, glutaminsyre og glysin (Holdt & Kraan, 2011). Glutaminsyre og alanin var også blant de med høyest konsentrasjoner (figur 7). Glysin er i likhet med alanin koblet til søtsmak, mens arginin er koblet til bitterhet (Sarower et al., 2012).

Siden disse blir målt sammen er forholdet mellom dem dermed uvisst. Det gjør det vanskelig å kunne forutse et smaksbilde basert på deres konsentrasjoner. For råstoff høstet fra fjord var det også påvist en signifikant reduksjon av de fleste FAA ved blansjering med unntak av histidin, serin, isoleucin, leucin og lysin. Grunnen til at blansjering gir en reduksjon i FAA, kan være av samme grunn som nevnt i (3.1). Dette ved at andre forbindelser som inneholder FAA kan feste seg til råstoffet og ikke blir fjernet i de prøvene som ikke ble blansjert, men blir rensert bort ved blansjering (Sarower et al., 2012). Man kan ikke på grunnlag av bare frie aminosyrekonsentrasjoner konkludere på hvordan smak varierer mellom høstested eller mellom prosesseringsmetodene. Likevel er det et høyt innhold av alanin i forhold til de andre aminosyrene som kan være en av årsakene til at *S. latissima* nettopp er kjent som sukkertare.

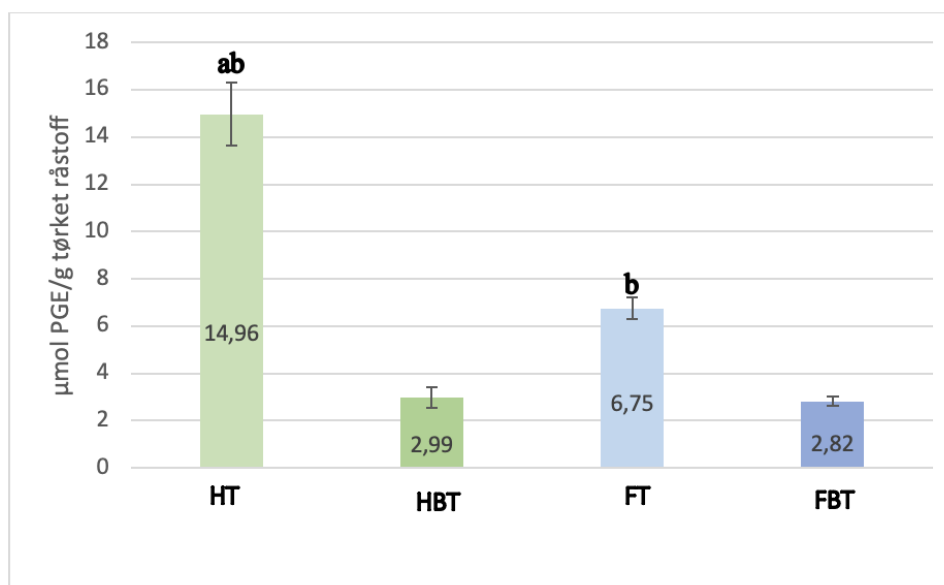
3.6 Antioksidantaktivitet

Antioksidantaktiviteten i prøvene ble bestemt ved ABTS, DPPH, FRAP og total fenol. Det ble også analysert for ORAC, men på grunn av komplikasjoner ved gjennomføringen av analysene ble det ikke presentert noen resultater fra denne metoden. Både ved ABTS, DPPH og total fenol ble antioksidantaktiviteten uttrykt ved Propylgallate ekvivalenter. FRAP ble uttrykt ved Trolox ekvivalenter som vil si at verdiene ikke direkte kan sammenlignes med ABTS, DPPH og Fiolin-Ciocalteu.

3.6.1 Antioksidantaktivitet bestemt ved ABTS

Figur 8: viser innhold av antioksidantaktivitet i prøvene bestemt ved ABTS og uttrykt ved Propylgallate ekvivalenter. I prøvene ble antioksidantaktiviteten målt i HT til å være ca. 15 μ mol PGE/g, HBT ca. 3 μ mol PGE/g, FT ca. 7 μ mol PGE/g og FBT ca. 3 μ mol PGE/g.

*Figur 8: Antioksidantaktivitet oppgitt i μ mol PGE/g tørrvekt målt ved ABTS i sukkertare (*Saccharina Latissima*) høstet fra havet og tørket (HT), blansjert og tørket (HBT) og høstet fra fjord og tørket (FT) og blansjert og tørket (FBT). Resultatene presenteres i gjennomsnitt (n=6) og med standardavvik.*



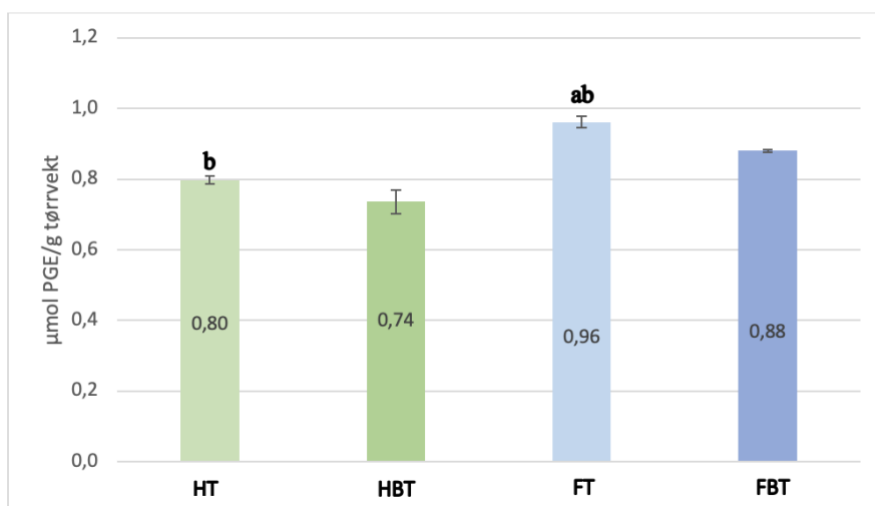
Ulik bokstav indikerer signifikant forskjell mellom høstested med samme prosesseringsmetode (a) og mellom prosesseringsmetode innad samme høstested (b).

Det ble målt signifikant høyere antioksidantaktivitet for HT sammenlignet med FT ($p < 0,01$), med konsentrasjoner helt opp mot $15 \mu\text{mol PGE/g}$ tørrvekt for HT, sammenlignet med 7 PGE/g tørrvekt for FT. HT viste altså dobbelt så høye antioksidantaktivitet sammenlignet med FT. Det ble ikke målt signifikant forskjell ved HBT og FBT. Det ble også målt signifikant lavere antioksidantaktivitet i HBT sammenlignet med HT ($p < 0,01$) og FBT sammenlignet med FT ($p < 0,01$). I tillegg er HBT og FBT tilnærmet lik i verdi på ca. $3 \mu\text{mol PGE/g}$, og det kan tyde på at blansjeringen reduserer antioksidantaktiviteten til samme nivå uavhengig av konsentrasjonen.

3.6.2 Antioksidantaktivitet bestemt ved DPPH

Figur 9 viser antioksidantaktivitet fra DPPH, uttrykt som propylgallate ekvivalenter. Antioksidantaktiviteten i hver prøve ble målt og HT var ca. $0,8 \mu\text{mol PGE/g}$, HBT ca. $0,7 \mu\text{mol PGE/g}$, FT ca. $1 \mu\text{mol PGE/g}$ og FBT ca. $0,9 \mu\text{mol PGE/g}$.

Figur 9: Antioksidantaktivitet oppgitt i $\mu\text{mol PGE/g}$ tørrvekt målt ved DPPH i sukkertare (*Saccharina Latissima*) høstet fra havet og tørket (HT), blansjert og tørket (HBT) og høstet fra fjord og tørket (FT) og blansjert og tørket (FBT). Resultatene presenteres i gjennomsnitt ($n=6$) og med standardavvik.



Ulik bokstav indikerer signifikant forskjell mellom høstested med samme prosesseringsmetode (a) og mellom prosesseringsmetode innad samme høstested (b).

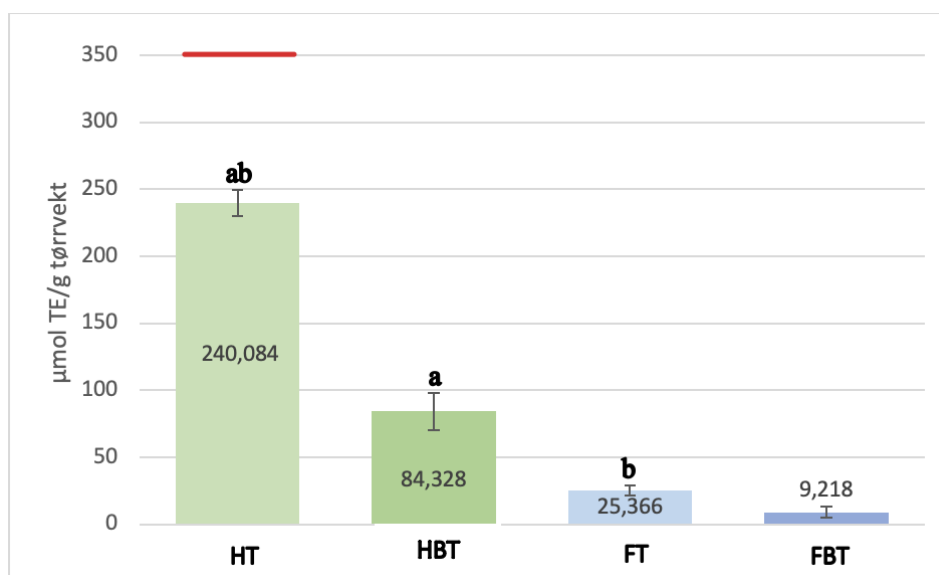
Det ble funnet en signifikant høyere antioksidantaktivitet i *S. latissima* høstet i fjorden (FT) sammenlignet med den høstet i havet (HT) og dette var også gjeldende for de blansjerte prøvene. Dette var motstridende til resultatene for ABTS (figur 8). I likhet med ABTS var det også lavere antioksidantaktivitet i HBT sammenlignet med HT og FBT sammenlignet med FT.

3.6.3 Antioksidantaktivitet bestemt ved FRAP

Figur 10 viser antioksidantaktivitet målt ved FRAP, uttrykt som Trolox ekvivalenter.

Antioksidantaktiviteten i HT ble målt til ca. 240 μ mol TE/g, HBT til ca. 84 μ mol TE/g, FT til ca. 25 μ mol TE/g og FBT til ca. 9 μ mol TE/g.

Figur 10: Antioksidantaktivitet oppgitt i μ mol TE/g tørrvekt målt ved FRAP i sukkertare (*Saccharina Latissima*) høstet fra havet og tørket (HT), blansjert og tørket (HBT) og høstet fra fjord og tørket (FT) og blansjert og tørket (FBT). Resultatene presenteres i gjennomsnitt (n=6) og med standardavvik. Rød strek viser forkastet replikant ved HT.



Ulik bokstav indikerer signifikant forskjell mellom høstested med samme prosesseringsmetode (a) og mellom prosesseringsmetode innad samme høstested (b).

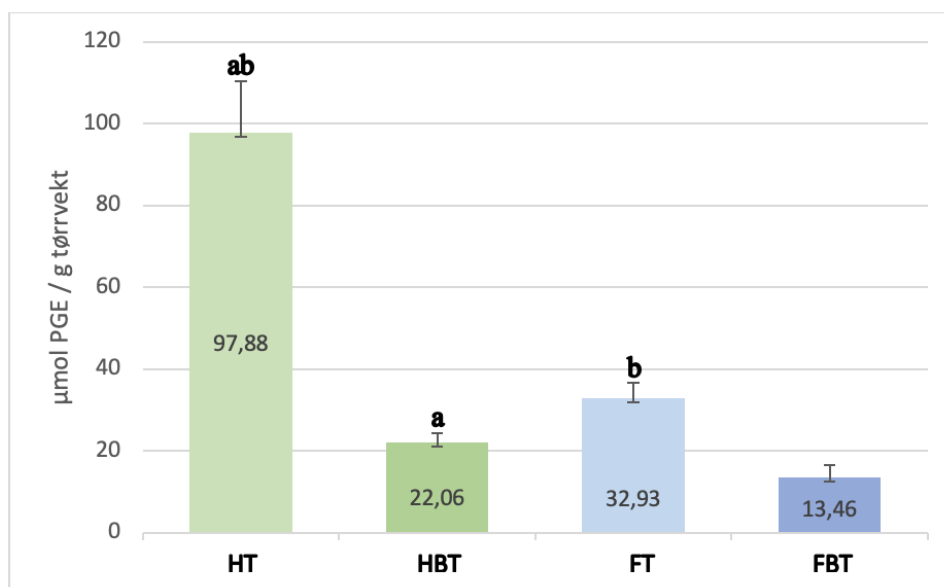
Antioksidantaktiviteten var signifikant høyere i prøvene høstet i havet (HT) sammenlignet med prøvene høstet i fjorden (FT) og dette gjaldt også for de blansjerte prøvene. HT og FT hadde også signifikant høyere antioksidantaktivitet sammenlignet med HBT og FBT.

En studie av *Lafauille et al.* observerte verdier fra 7,86-12,21 μ mol TE/g tørrvekt ved prøver av *S. latissima*, men poengterte at deres verdier var lavere enn forventet (2023). Disse resultatene samsvarte dog med resultatene for FBT. En annen studie observerte verdier fra 77,53-135,35 μ mol TE/g tørrvekt som var sammenliknbart med resultatene for HBT og HT (Bondu et al., 2015).

3.6.4 Antioksidantaktivitet bestemt ved Folin-Ciocalteu

Figur 11 viser total fenol målt ved Folin-Ciocalteu, uttrykt som Propylgallate ekvivalenter. Antioksidantaktiviteten i HT ble målt til å være ca. 98 μ mol PGE/g tørrvekt, HBT ca. 22 μ mol PGE/g tørrvekt, FT ca. 33 μ mol PGE/g tørrvekt og FBT ca. 14 μ mol PGE/g tørrvekt.

Figur 11: Antioksidantaktivitet oppgitt i μ mol PGE/ g tørrvekt målt ved Folin-Ciocalteu i sukkertare (*Saccharina Latissima*) høstet fra havet og tørket (HT), blansjert og tørket (HBT) og høstet fra fjord og tørket (FT) og blansjert og tørket (FBT). Resultatene presenteres i gjennomsnitt (n=6) og med standardavvik.



Ulik bokstav indikerer signifikant forskjell mellom høstested med samme prosesseringsmetode (a) og mellom prosesseringsmetode innad samme høstested (b).

Fenolaktiviteten var signifikant høyere i HT sammenlignet med FT og HBT sammenlignet med FBT. Fenolaktiviteten ble også påvist signifikant lavere i HBT sammenlignet med HT og FBT sammenlignet med FT.

3.6.5 Sammenligning av antioksidantaktivitet mellom analyse metodene

DPPH viste generelt lavere konsentrasjoner av antioksidantaktivitet sammenlignet med ABTS (3.6.2). At DPPH, i motsetning til ABTS, FRAP og Folin-Ciocalteu, viser høyest konsentrasjoner ved høstested fjord gjør ikke nødvendigvis de analysene som fant høyest konsentrasjon i høstested hav mindre troverdig. Denne motsetningen kan skyldes at DPPH måler mer spesifikk for metanolløselige forbindelser (1.6.5). Resultatene kan dermed tyde på at det er flere metanolløselige antioksidanter ved prøvene fra fjord, men totalt mer antioksidant forbindelser i prøvene fra hav.

Folin-Ciocalteu målte signifikant høyere konsentrasjoner i alle prøvene sammenlignet med målte konsentrasjoner av antioksidant aktivitet ved ABTS (figur 11; figur 8). ABTS måler både fenoliske forbindelser i tillegg til andre forbindelser, og av den grunn er det naturlig å forvente høyere antioksidantaktivitet i ABTS sammenlignet med Folin-Ciocalteu. Likevel målte Folin-Ciocalteu signifikant høyere konsentrasjoner hos alle prøvene med for HT, HBT og FBT, og FT sammenlignet med ABTS analysen. Dette kan skyldes en av ulempene ved Folin-Ciocalteus-metoden som gjør at reduserende sukker og enkelte aminosyrer kan forstyrre analysen og gi et høyere utslag av total fenoler enn det egentlig er (1.6.7).

3.6.6 Sammenligning av antioksidantaktivitet mellom høstestedene

Det ble funnet lite studier som hadde målt ABTS og DPPH av makroalger med PG-ekvivalenter som gjorde det vanskelig å sammenligne våre resultater med resultater i annen litteratur. I tillegg fant vi få studier som hadde sett på forskjeller i antioksidantaktivitet mellom makroalger høstet fra ulike steder som fjord og hav. Dette gjorde det også vanskelig å finne underbyggende eller motsigende resultater til at det er høyest antioksidantaktivitet i havet i våre prøver.

Derimot var det en studie som sammenlignet en annen brunalge fra to ulike høstesteder. Den samsvarte også med våre resultater for Folin-Ciocalteu. *Larsen & Haug* observerte også et høyere fenolinnhold i prøver høstet fra åpne fjordområder eller utenfor fjorden sammenlignet med prøvene som ble høstet inne i fjorden nær et elveutløp (1958). Altså de hadde fått høyest fenol innhold i prøver som var mer eksponert for bølger, og mindre eksponert for tilrenning fra land, som kan sammenlignes med høstestedet vårt i hav. De mistenkte at dette kunne ha sammenheng med at det var lavere salinitet i miljøet rundt prøvene som var høstet nært et elveutløp, som også stemmer med *Kelpinor* sine observasjoner med lavere salinitet ved høstested i fjord.

Det kan også være en sammenheng mellom lavt karbohydratinnhold og lave konsentrasjoner av total fenol. Vi analyserte ikke karbohydratinnholdet, men *Manns et.al* observerte at høyt mineralinnhold var komplementert med et lavt karbohydratinnhold (Manns et al., 2017). Våre resultater viser høyest mineralinnhold i FT og FBT sammenlignet med HT og HBT (figur 3). I tillegg er det påvist et signifikant høyere innhold av total fenolaktivitet i HT og HBT sammenlignet med FT og FBT (figur 11). Observasjoner av *Manns et. al* og det at total fenol også måler for reduserende sukker, gir grunnlag for å anta at et høyere fenol innhold kan være en årsak til at det er høyere total fenolaktivitet i prøvene med lavest mineralinnhold.

3.6.7 Sammenligning av antioksidantaktivitet mellom prosesseringsmetodene

Ved blansjering ble det påvist en signifikant reduksjon av antioksidantaktivitet for alle prøvene og ved alle analysene. Dette kan skyldes tap av vannløselige antioksidantforbindelser. Ved blansjering kan cellestrukturen ødelegges på grunn av høy temperatur, som kan føre til at florotanninene lekker ut (1.4.3; 1.5.1) (Akomea-Frempong et al., 2022). Florotanninene inneholder mange OH- grupper som gir vannløselige egenskaper som også underbygger at blansjering vil bidra med tap av antioksidantaktivitet, fordi florotanninner lekker ut i blansjeringsvannet. I tillegg er polyfenoler lite varmetolerante, som gjør at flere antioksidative polyfenoler vil inaktiveres ved blansjering (Lafeuille et al., 2023).

I litteraturen har flere observert ulike resultater i totalt fenolinnhold ved blansjerte prøver av *S. latissima*, både Akomea-Frempong et al. og Nielsen et. Al. observert reduksjon av total fenol. motsetning observert Lafeuille et.al kun nedgang i en av prøvene og ingen observerbar forskjell i de andre (2023). Han drøftet om grunnen til kunne skyldes at flere faktorer spiller inn, slik som høstetidspunkt eller ulik tid og temperatur ved blansjering (Lafeuille et al., 2023).

3.7 Samlet vurdering for høstested

Faktorer som varierer mellom høstesteder er som nevnt i 1.4.2, temperatur, lysforhold, karbon- og nitrogenkilder og næringssalter. Andre faktorer som er blitt vurdert med tanke på analyseresultatene var eksponering av bølger, strøm og salinitet. Makroalger tar opp næring fra omgivelsene, derfor vil næringsinnholdet i makroalger påvirkes i stor grad av omgivelsene sine (3.1.1). Flere observasjoner av disse miljøfaktorene kunne gitt et bedre grunnlag for diskusjon om hva som kan skyldes forskjeller i mineralinnhold, proteininnhold, aminosyresammensetning og antioksidantaktivitet.

Hovedforskjellen mellom høstestedene var at *S. latissima* høstet fra hav hadde et lavere innhold av mineraler, proteiner, EAA og FAA, men et totalt høyere innhold av antioksidanter sammenlignet med råstoff høstet fra fjord. I tillegg var EAA/AA-forholdet høyest i råstoffet høstet fra fjord, men den kjemiske scoren var høyere for HT enn FT, men FBT var høyere enn HBT.

3.8 Samlet vurdering for prosesseringsmetodene

Hovedforskjellen mellom prosesseringsmetodene var at de blansjerte prøvene hadde et lavere innhold av mineraler og antioksidantaktivitet. Proteininnholdet økte ved Kjeldahl i de blansjerte prøvene for begge høstestedene, mens ved proteininnholdet målt ved TAA økte det bare for råstoff høstet fra fjord. EAA/AA-forholdet og den kjemiske scoren var større for de blansjerte prøvene for begge høstestedene. I hovedsak ble proteininnholdet vurdert til å være høyere i de blansjerte prøvene som resultat av at andre vannløselige forbindelser som Mannitol gikk tapt under blansjering, samt at nitrogenforbindelser i blansjeringsvannet la seg på overflaten ved tørking og kan ha forurenset Kjeldahl-resultatene. Ved å se alle analysene i sammenheng er det også tydelig at det høyere proteininnholdet kan skyldes tap av nettopp mineraler og antioksidantaktivitet.

4. Konklusjon

For å kunne dekke matbehovet til verdensbefolkningen i 2030 må matproduksjonen øke med 70% i forhold til matproduksjonen i 2010. Dette krever at det blir produsert mer proteinrik mat, med høy proteinkvalitet. Proteininnholdet i alle prøvene var innenfor forventede verdier for *S. latissima*. EAA/AA-forholdet for alle prøvene var opp mot 40%. Det samme gjaldt den kjemiske scoren, hvorav alle var høyere enn kjemisk score for vegetabilier og flere opp mot kjemisk score for kjøtt. Begge høstestedene viste god proteinkvalitet, men fjord kan være fordelaktig til dyrking og høsting fremfor hav med tanke på proteininnhold og proteinkvalitet. Blansjering før tørking kan også være en fordelaktig prosesseringsmetode, fordi det øker både proteininnhold og proteinkvalitet.

Det er flere gode egenskaper med *S. latissima* som bidrar positivt med å øke den ernæringsmessige kvaliteten, blant annet den høye antioksidantaktiviteten. Antioksidanter har en positiv effekt på matvarer ved å forhindre forringelse og bidra til å redusere oksidativt stress som er koblet opp mot en rekke sykdommer. Den totale antioksidantaktiviteten ble vurdert til å være lavere i råstoffet høstet fra fjord sammenlignet med hav. Dette vil argumentere for at råstoff høstet fra hav kan være fordelaktig for bruk i mat. I tillegg ble antioksidantaktiviteten observert lavere i de blansjerte prøvene, noe som kan argumenteres for å ikke blansjere.

Det ble ikke gjort noe videre analyser på hvilke mineraler råstoffet inneholder. Mineralinnholdet spiller en avgjørende rolle på hva *S. latissima* kan brukes til og i hvor store mengder. Derfor er det vanskelig å si noe om hvilke av råstoffene egner seg bedre til kommersialisering i matindustrien, men siden mineralinnholdet ofte er det som begrenser kan det være fordelaktig med et lavere mineralinnhold, som det ble observert ved høstested hav. I tillegg ble det observert lavere mineralinnhold i de blansjerte prøvene og tidligere studier har pekt på blansjering som et prosesseringstrinn for å redusere konsentrasjonen av blant annet jod.

Hvilket høstested og hvilken prosesserings metode som er fordelaktig for *S. latissima* vil være avhengig av tiltenk bruk. Den tiltenkte bruken er også avhengig av næringsinnholdet. *S. latissima* til bruk av mat vil i dette studiet argumentere for å dyrke og høste *S. latissima* ved fjord, samt blansjere og tørke råstoffet for å optimalisere proteininnholdet. Ønsker man derimot et høyt innhold av antioksidanter vil dette studiet argumentere for å dyrke og høste ved havet, samt bare tørke råstoffet. Det vil også være viktig å se på proteininnhold, antioksidantaktivitet og mineraler sin helhetlige påvirkning. Antioksidanten kan være tilstrekkelig ved høstested fjord selv om den er lavere sammenlignet med havet, men blansjering vil uavhengig av høstested føre til lavere antioksidantaktivitet. Selv om høstested hav og prosesseringsmetode tørket vil gi lavere proteininnhold, er fortsatt proteininnholdet og proteinkvaliteten å beregne som god og innenfor det man kan forvente for *S. latissima*.

Litteraturliste:

- Agbor, G., Vinson, J. & Donnelly, P. (2014). Folin-Ciocalteu Reagent for Polyphenolic Assay. *International Journal of Food Science, Nutrition and Dietetics*, 3:801. <https://doi.org/10.19070/2326-3350-1400028>
- Akomea-Frempong, S., Perry, J. J. & Skonberg, D. I. (2022). Effects of pre-freezing blanching procedures on the physicochemical properties and microbial quality of frozen sugar kelp. *Journal of Applied Phycology*, 34(1), 609-624. <https://doi.org/10.1007/s10811-021-02610-0>
- Amorim, A. M., Nardelli, A. E. & Chow, F. (2020). Effects of drying processes on antioxidant properties and chemical constituents of four tropical macroalgae suitable as functional bioproducts. *Journal of Applied Phycology*, 32, 1495-1509. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02059-7>
- Angell, A. R., Mata, L., Nys, R. d. & Paul, N. A. (2015). The protein content of seaweeds: a universal nitrogen-to-protein conversion factor of five. *Journal of Applied Phycology*, 28, 511-524. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0650-1>
- Bak, U. G., Nielsen, C. W., Marinho, G. S., Gregersen, Ó., Jónsdóttir, R. & Holdt, S. L. (2019). The seasonal variation in nitrogen, amino acid, protein and nitrogen-to-protein conversion factors of commercially cultivated Faroese *Saccharina latissima*. *Algal research (Amsterdam)*, 42, 101576. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2019.101576>
- Banach, J. J., Hoek-van den Hil, E. F. & Van der Fels-Klerx, H. J. (2020). Food safety hazards in the European seaweed chain. *COMPREHENSIVE REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND FOOD SAFETY*, 19(2), 332-364. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12523>
- Benzie, I. F. F. & Strain, J. J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, 239, 70-76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Berk, Z. (2013). *Food Process Engineering and Technology*. Academic press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-415923-5.00016-2>
- Biancarosa, I., Espe, M., Bruckner, C. G., Heesch, S., Liland, N., Waagbø, R., Torstensen, B. & Lock, E. J. (2017). Amino acid composition, protein content, and nitrogen-to-protein conversion factors of 21 seaweed species from Norwegian waters. *Journal of Applied Phycology*, 29(2), 1001-1009. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0984-3>
- Blackburn, S. (1978). *Amino acid determination : methods and techniques* (2nd , rev. and expand. utg.). Marcel Dekker.
- Blainski, A., Lopes, G., Cristiny & Palazzo De Mello. Application and Analysis of the Folin Ciocalteu Method for the Determination of the Total Phenolic Content from Limonium Brasiliense L. *Molecules*, 18, 6852-6865. <https://doi.org/10.3390/molecules18066852>
- Bondu, S., Bonnet, C., Gaubert, J., Deslandes, É., Turgeon, S. L. & Beaulieu, L. (2015). Bioassay-guided fractionation approach for determination of protein precursors of proteolytic bioactive metabolites from macroalgae. *Journal of Applied Phycology*, 27(5), 2059-2074. <https://doi.org/10.1007/s10811-014-0425-0>
- Brandslet, S. (2019). *Tang og tare mer enn mat*. Gemini. <https://gemini.no/2019/06/tang-og-tare-mer-enn-mat/>
- Bruhn, A., Brynning, G., Johansen, A., Lindegaard, M. S., Sveigaard, H. H., Aarup, B., Fonager, L., Andersen, L. L., Rasmussen, M. B., Larsen, M. M., Elsser-Gravesen, D. & Børsting, M. E. (2019). Fermentation of sugar kelp (*Saccharina latissima*)—effects on sensory properties, and content of minerals and metals. *Journal of Applied Phycology*, 31(5), 3175-3187. <https://doi.org/10.1007/s10811-019-01827-4>
- BUCHI. (2013). *Nitrogen & protein determination in beer and malt* (108). BUCHI. https://assets.buchi.com/image/upload/v1663761072/pdf/Short-Notes/SN_108_2013_Nitrogen_and_protein_determination_in_beer_and_malt.pdf

- Černá, M. (2011). Seaweed proteins and amino acids as nutraceuticals. *Adv Food Nutr Res*, 64, 297-312. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387669-0.00024-7>
- Chen, X., Liang, L. & Han, C. (2020). Borate suppresses the scavenging activity of gallic acid and plant polyphenol extracts on DPPH radical: A potential interference to DPPH assay. *LWT*, Artikkel 109769. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109769>
- Costello, C., Cao, L., Gelcich, S., Cisneros-Mata, M. Á., Free, C. M., Froehlich, H. E., Golden, C. D., Ishimura, G., Maier, J., Macadam-Somer, I., Mangin, T., Melnychuk, M. C., Miyahara, M., de Moor, C. L., Naylor, R., Nøstbakken, L., Ojea, E., O'Reilly, E., Parma, A. M., Plantinga, A. J., Thilsted, S. H. & Lubchenco, J. (2020). The future of food from the sea. *Nature*, 588(7836), 95-100. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2616-y>
- Cotas, J. o., Leandro, A., Monteiro, P., Pacheco, D., Figueirinha, A., Gonçalves, A. M. M., Jorge da Silva, G. & Pereira, L. (2020). Seaweed Phenolics: From Extraction to Applications. *Marine drugs*, 18, 384. <https://doi.org/10.3390/md18080384>
- Davalos, A., Gomez-Cordoves, C. & Bartolome, B. (2004). Extending Applicability of the Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC–Fluorescein) Assay. *J. Agric. Food Chem*, 52(1), 48-54. <https://doi.org/10.1021/jf0305231>
- Duinker, A., Kleppe, M., Fjære, E., Biancarosa, I., Heldal, H. E., Dahl, L. & Lunestad, B. T. (2020). *Knowledge update on macroalgae food and feed safety*. Havforskningsinstituttet. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-en-2020-44>
- FAO. (2011). *Dietary protein quality evaluation in human nutrition* (92). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/ag/humannutrition/35978-02317b979a686a57aa4593304ffc17f06.pdf>
- FAO. (2013). *Dietary protein quality evaluation in human nutrition*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/ag/humannutrition/35978-02317b979a686a57aa4593304ffc17f06.pdf>
- FAO. (2018). *The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/I9540EN/>
- FAO. (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/ca9229en/ca9229en.pdf>
- Fellows, P. J. (2017). *Food Processing Technology - Principles and Practice (4th Edition)* (4. utg.). Cambridge: Elsevier.
- Fische, S. M. R. (2016). *Characterization of three Macroalgae: Saccharina latissima, Alaria esculenta and Palmaria palmata* [Master thesis, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Faculty of Natural Sciences, Department of Biotechnology and food science]. NTNU open Trondheim. https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmloi/bitstream/handle/11250/2398893/12513_FULLTEXT.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Fiskeridirektoratet. (2020). *Foreløpige tall pr. mai 2020. Statistikk for akvakultur 2019*. Fiskeridirektoratet. https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Statistiske-publikasjoner/Statistikk-for-akvakultur/_attachment/download/6b3e3b0c-4f1e-4465-8456-baef2f2365b1:58b19c566b94e14de139cf4abba4f3cbc53ef3b5/rap-stat-akvakultur-2019.pdf
- Forbord, S., Forbord, S., Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet Institutt for, b. & Norges teknisk-naturvitenskapelige, u. (2020). *Cultivation of Saccharina latissima (Phaeophyceae) in temperate marine waters : nitrogen uptake kinetics, growth characteristics and chemical composition* [Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Faculty of Natural Sciences, Department of Biology]. Trondheim.

- Forente Nasjoner. (2023a, 11.01.2023). *Befolkning, migrasjon og urbanisering*. FN. <https://www.fn.no/tema/fattigdom/befolkning>
- Forente Nasjoner. (2023b, 04.04.2023). *FNs bærekraftsmål*. FN. <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal>
- Forente Nasjoner. (2023c, 14.12.2022). *Utrydde sult* FN. <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/utrydde-sult>
- Grimsmo, L. (u.å). *Lavtrofiske marine ressurser*. SINTEF,. <https://www.sintef.no/fagomrader/fiskeri/lavtrofiske/>
- Gulcin, I. (2020). Antioxidants and antioxidant methods: an updated overview. *Arch Toxicol*, 94, 651-715. <https://doi.org/10.1007/s00204-020-02689-3>
- Haug, A. & Larsen, B. (1958). Chemical Composition of the Brown Alga *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol.: Influence of Habitat on the Chemical Composition of *Ascophyllum nodosum*. *Nature (London)*, 181(4617), 1224-1225. <https://doi.org/10.1038/1811224b0>
- Havforskningsinstituttet. (2021, 09.09.2021). *Tareskogforekomster*. Havforskningsinstituttet, . <https://www.hi.no/hi/radgivning/marine-naturverdier-og-tiltak-i-kystsonen/marint-biologisk-mangfold/tareskog>
- Holdt, S. L. & Kraan, S. (2011). Bioactive compounds in seaweed: Functional food applications and legislation. 23, 543-597. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9632-5>
- Huang, D., Ou, B. & Prior, R. L. (2005). The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53, 1841-1856. <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf030723c>
- Hudz, N., Yezerska, O., Shanaida, M. & Sedlackova, V. H. (2019). Application of the Folin-Ciocalteu method to the evaluation of *Salvia sclarea* extracts. *Farmatsiia*, 66, 209-215. <https://doi.org/10.3897/pharmacia.66.e38976>
- Indergaard, M. (2010). *Tang og tare- i hovedsak norske brunalger: Forekomster, forskning og anvendelse*. [Norwegian University of Science and Technology (NTNU)]. NTNU open Trondheim. https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/228180/397862_FULLTEXT02.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Johnsen, O. (2000). *Lite utnyttede ressurser- En litteraturgjennomgang av potensielle arter* (10). Norsk institutt for fiskeri- og havbruksforskning AS. <https://nofima.brage.unit.no/nofima-xmlui/bitstream/handle/11250/2501126/Rapport+10-2000+Lite+utnyttede+ressurser.pdf?sequence=1>
- Kelpinor. (u.å). *Kelp farming for the future*. Kelpinor, . <https://www.kelpinor.no/post/kelpinor-arctic-ignite-en>
- Kendler, S., Thornes, F. W., Jakobsen, A. N. & Lerfall, J. (2023). Nutritional profiling and contaminant levels of five underutilized fish species in Norway. *Frontiers in Nutrition*, 10, Artikkel 10:1118094. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1118094>
- Kuech, A., Breuer, M. & Popescu, I. (2023). *The future of the EU algae sector* (1). E. P. (EU). [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2023/733114/IPOL_STU\(2023\)733114_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2023/733114/IPOL_STU(2023)733114_EN.pdf)
- Lafeuille, B., Francezon, N., Goulet, C., Perreault, V., Turgeon, S. L. & Beaulieu, L. (2022). Impact of temperature and cooking time on the physicochemical properties and sensory potential of seaweed water extracts of *Palmaria palmata* and *Saccharina longicuris*. *Journal of Applied Phycology*, 34(3), 1731-1747. <https://doi.org/10.1007/s10811-022-02731-0>
- Lafeuille, B., Tamigneaux, É., Berger, K., Provencher, V. & Beaulieu, L. (2023). Variation of the Nutritional Composition and Bioactive Potential in Edible Macroalga *Saccharina latissima* Cultivated from Atlantic Canada Subjected to Different Growth and Processing Conditions. *Foods*, 12(8), 1736. <https://doi.org/10.3390/foods12081736>
- Le Lann, K., Jégou, C. & Stiger, V. (2008). Effect of different conditioning treatments on total phenolic content and antioxidant activities in two Sargassacean species: Comparison of the frondose

- Sargassum muticum (Yendo) Fensholt and the cylindrical Bifurcaria bifurcata R. Ross. *Phycological Research*, 238-245. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1835.2008.00505.x>
- Lerfall, J. (2022). *Lite utnyttede marint råstoff*. NTNU. <https://ntnu.blackboard.com/ultra>
- Machu, L., Misurcova, L., Ambrozova, J. V., Orsavova, J., Mlcek, J. & Jurikova, T. (2015). Phenolic Content and Antioxidant Capacity in Algal Food Products. *Molecules*, 20, 1118-1133. <https://doi.org/10.3390/molecules20011118>
- Maehre, H. K., Malde, M. K., Eilertsen, K. E. & Elvevoll, E. O. (2014). Characterization of protein, lipid and mineral contents in common Norwegian seaweeds and evaluation of their potential as food and feed. *J Sci Food Agric*, 94(15), 3281-3290. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6681>
- Mahdi-Pour, B., Jothy, S. L., Latha, L. Y., Chen, Y. & Sasidharan, S. (2012). Antioxidant activity of methanol extracts of different parts of Lantana camara. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(12), 960-965. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(13\)60007-6](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(13)60007-6)
- Manns, D., Nielsen, M. M., Bruhn, A., Saake, B. & Meyer, A. S. (2017). Compositional variations of brown seaweeds Laminaria digitata and Saccharina latissima in Danish waters. *Journal of Applied Phycology*, 29(3), 1493-1506. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1056-z>
- Marinho, G. S., Holdt, S. L. & Angelidaki, I. (2015). Seasonal variations in the amino acid profile and protein nutritional value of Saccharina latissima cultivated in a commercial IMTA system. *Journal of Applied Phycology*, 27(5), 1991-2000. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0546-0>
- Marxen, K., Vanselow, K. H., Lippemeier, S., Hintze, R., Ruser, A. & Hansen, U.-P. (2007). Determination of DPPH radical oxidation caused by methanolic extracts of some microalgal species by linear regression analysis of spectrophotometric measurements. *Sensors (Basel)*, 7(10), 2080-2095. <https://doi.org/10.3390/s7102080>
- Mols-Mortensen, A., Ortind, E. á. G., Jacobsen, C. & Holdt, S. L. (2017). Variation in growth, yield and protein concentration in Saccharina latissima (Laminariales, Phaeophyceae) cultivated with different wave and current exposures in the Faroe Islands. *Journal of Applied Phycology*, 29(5), 2277-2286. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1169-4>
- Moreira, R., Sineiro, J., Arufe, S. & Chenlo, F. (2016). Drying temperature effect on powder physical properties and aqueous extract characteristics of Fucus vesiculosus. *Journal of Applied Phycology*, 28, 2485-2494. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0744-9>
- Mozzoni, L. A., Chen, P., Morawicki, R. O., Hettiarachchy, N. S., Brye, K. R. & Mauromoustakos, A. (2009). Quality attributes of vegetable soybean as a function of boiling time and condition. *International journal of food science & technology*, 44(11), 2089-2099. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02038.x>
- Muñoz, I. L. & Díaz, N. F. (2022). Minerals in edible seaweed: health benefits and food safety issues. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 62(6), 1592-1607. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1844637>
- Munteanu, I. G. & Apretei, C. (2021). Analytical Methods Used in Determining Antioxidant Activity: A Review. *international Journal of Molecular Science*, 22, 3380. <https://doi.org/10.3390/ijms22073380>
- Murakami, K., Yamaguchi, Y., Noda, K., Fujii, T., Shinohara, N., Ushirokawa, T., Sugawa-Katayama, Y. & Katayama, M. (2011). Seasonal variation in the chemical composition of a marine brown alga, Sargassum horneri (Turner) C. Agardh. *Journal of food composition and analysis*, 24(2), 231-236. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.08.004>
- Mæhre, H. K., Dalheim, L., Edvinsen, G. K., Elvevoll, E. O. & Jensen, I.-J. (2018). Protein determination—method matters. *Foods*, 7(1), 5. <https://doi.org/10.3390/foods7010005>
- Mæhre, H. K., Malde, M. K., Eilertsen, K.-E. & Elvevoll, E. O. (2014). Characterization of protein, lipid and mineral contents in common Norwegian seaweeds and evaluation of their potential as food and feed. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(15), 3281-3290. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6681>
- Nagappan, S., Das, P., AbdulQuadir, M., Thaher, M., Khan, S., Mahata, C., Al-Jabri, H., Vatland, A. K. & Kumar, G. (2021). Potential of microalgae as a sustainable feed ingredient for aquaculture. *Journal of Biotechnology*, 341, 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2021.09.003>

- Nasjonalt råd for ernæring. (2016). *Risiko for jodmangel i Norge* Helsedirektoratet. https://www.helsedirektoratet.no/rapporter/risiko-for-jodmangel-i-norge-identifisering-av-et-akutt-behov-for-tiltak/Risiko%20for%20jodmangel%20i%20Norge%20-%20Identifisering%20av%20et%20akutt%20behov%20for%20tiltak.pdf/_/attachment/inline/cf5bfe92-959f-42fc-8258-cc66c8d839e2:c5d0ab8c7c1bb456664ec681781e4914e51a0dd4/Risiko%20for%20jodmangel%20i%20Norge%20-%20Identifisering%20av%20et%20akutt%20behov%20for%20tiltak.pdf
- Nenadis, N., Wang, L.-F., Tsimidou, M. & Zhang, H.-Y. (2004). Estimation of Scavenging Activity of Phenolic Compounds Using the ABTS•+ Assay. *J. Agric. Food Chem*, 52(15), 4669-4674. <https://doi.org/10.1021/jf0400056>
- Nielsen, C. W. (2018). *Effect of hydrothermal processing composition and quality of Saccharina latissima cultivated in human consumption* [Master, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Faculty of Natural Sciences, Department of Biotechnology and food science]. NTNU open Trondheim. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2615528>
- Nielsen, C. W., Holdt, S. L., Sloth, J. J., Marinho, G. S., Sæther, M., Funderud, J. & Rustad, T. (2020). Reducing the high iodine content of *Saccharina latissima* and improving the profile of other valuable compounds by water blanching. *Foods*, 9(5), 569. <https://doi.org/10.3390/foods9050569>
- Norden. (2012). *Nordic Nutrition Recommendations 2012*. Nordic Council of Ministers. <http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:704251/FULLTEXT01.pdf>
- Norderhaug, K. M., Skjermo, J., Kolstad, K., Broch, O. J., Ergon, Å., Handå, A., Horn, S. J., Lock, E.-J. & Øverland, M. (2020). *Mot en ny havnæring for tare? -Muligheter og utfordringer for dyrking av alger i Norge* (Fisken og havet Issue. Havforskningsinstituttet. <https://www.hi.no/en/hi/nettrapporter/fisken-og-havet-2020-5>
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2021). *Et hav av muligheter*. Regjeringen. <https://www.regjeringen.no/contentassets/e430ad7a314e4039a90829fcd84c012a/no/pdfs/et-hav-av-muligheter.pdf>
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2023). *Endringer i lov om regulering av eksporten av fisk og fiskevarer (utvidelse av lovens virkeområde)* (47). Regjeringen. <https://www.regjeringen.no/contentassets/532e5edf7e2d4b70b63637d2dd0c73ce/no/pdfs/prp202220230047000dddpdfs.pdf>
- Olafsen, T., Winther, U., Olsen, Y. & Skjermo, J. (2012). *Verdiskaping basert på produktive hav i 2050*. SINTEF. https://www.sintef.no/globalassets/upload/fiskeri_og_havbruk/publikasjoner/verdiskaping-basert-pa-produktive-hav-i-2050.pdf
- Osnes, K. K., Ellingsen, T. E. & Mohr, V. (1986). Hydrolysis of proteins by peptide hydrolases of Antarctic krill, *Euphausia superba*. *Comparative biochemistry and physiology. B, Comparative biochemistry*, 83(4), 801-805. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(86\)90150-1](https://doi.org/10.1016/0305-0491(86)90150-1)
- Reis, F. R. (2017). *New Perspectives on Food Blanching*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-48665-9>
- Reutenberger, R. (2023). *Sukkertare*. NIBIO. <https://www.nibio.no/tema/mat/makroalger/sukkertare>
- Rizwan, M., Mujtaba, G., Memon, S. A., Lee, K. & Rashid, N. (2018). Exploring the potential of microalgae for new biotechnology applications and beyond: A review. *Renewable & sustainable energy reviews*, 92, 394-404. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.034>
- Rueness, J. & Knispel, A. (1998). *Alger i farger : en felthåndbok om kystens makroalger*. Almatforl.
- Sarower, G., Hasanuzzaman, A., Biswas, B. & Abe, H. (2012). Taste producing components in fish and fisheries products: A review. *International Journal of food fermentation technology*, 2, 113-121.

- <https://www.researchgate.net/publication/262566133> Taste producing components in fish and fisheries products A review
- Schiener, P., Black, K. D., Stanley, M. S. & Green, D. H. (2015). The seasonal variation in the chemical composition of the kelp species *Laminaria digitata*, *Laminaria hyperborea*, *Saccharina latissima* and *Alaria esculenta* *Journal of Applied Phycology*, 27, 363-373.
<https://doi.org/10.1007/s10811-014-0327-1>
- Seaweed Solution. (u.å). *Saccharina Latissima*. seaweed solution.
<https://seaweedsolutions.com/sugar-kelp-kombu-saccharina-latissima>
- Silverstein, T. P. (2011). Oxidation and Reduction: Too Many Definitions? *J. Chem. Educ*, 88(3), 279-281. <https://doi.org/10.1021/ed100777q>
- SINTEF. (2022, 26.07.2022). *Starter karbonfangst med sukkertare*. SINTEF.
<https://www.sintef.no/siste-nytt/2022/starter-karbonfangst-med-sukkertare/>
- Skjermo, J. (2016). Havet som ressurs - fremtidig potensiale i dyrking av tang og tare. *Praktisk økonomi & finans*, 32, 265-273. <https://doi.org/10.18261/issn.1504-2871-2016-03-05>
- Stévant, P., Marfaing, H., Rustad, T. & Sandbakken, I. S. (2017). Nutritional value of the kelps *Alaria esculenta* and *Saccharina latissimi* and effects of short-term storage on biomass quality. *Journal of Applied Phycology*, 29, 2417-2426. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1126-2>
- Stålnacke, P. & Moy, F. (2007). *Sukkertareprosjektet : analyse av klima- og overvåkingsdata* (Bd. 5454-2007). Norsk institutt for vannforskning.
- Sund, R. & Rustad, T. (2020). *Biochemical Composition of the Drip Loss From Thawing of the Macroalgae Saccharina latissima and Alaria esculenta* [Master, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Faculty of Natural Sciences, Department of Biotechnology and food science]. NTNU open. Trondheim. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2782588>
- Torres, M. D., Kraan, S. & Domínguez, H. (2019). Seaweed biorefinery. *Rev Environ Sci Biotechnol*, 18, 335–388. <https://doi.org/10.1007/s11157-019-09496-y>
- Torrissen, O., Norberg, B., Viswanath, K., Strohmeier, T., Strand, Ø., Naustvoll, L.-J. & Svåsand, T. (2018). *Framtidsrettet matproduksjon i kyst og fjord– En vurdering av muligheter for økt sjømatproduksjon i Norge* (23). Havforskningsinstituttet. https://www.hi.no/resources/23-2018-Framtidsrettet-mat_1408.pdf
- Vasanthi, C., Appa Rao, V., Narendra Babu, R., Sriram, P. & Karunakaran, R. (2020). In-vitro antioxidant activities of aqueous and alcoholic extracts of *Sargassum* species—Indian brown seaweed. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(11), n/a.
<https://doi.org/10.1111/jfpp.14877>
- Visch, W., Larsson, A. I., Åberg, P. & Toth, G. B. (2023). Adherence of kelp (*Saccharina latissima*) gametophytes on ropes with different binder treatments and flow regimes. *Journal of Applied Phycology*, 35(1), 195-200. <https://doi.org/10.1007/s10811-022-02860-6>
- Weyh, C., Krüger, K., Peeling, P. & Castell, L. (2022). The Role of Minerals in the Optimal Functioning of the Immune System. *Nutrients*, 14(3), 644. <https://doi.org/10.3390/nu14030644>
- Wirefeldt, C. B., Sørensen, J. S., Kreissig, K. J., Hyldig, G., Holdt, S. L. & Hansen, L. T. (2022). Post-harvest quality changes and shelf-life determination of washed and blanched sugar kelp (*Saccharina latissima*). *Frontiers in Food Science and Technology (Online)*, 2.
<https://doi.org/10.3389/frfst.2022.1030229>
- Østgaard, K. & Indergaard, M. (2017). Vår historiske bruk av tang og tare. *Naturen*, 5, 194-206.
<https://doi.org/10.18261/issn.1504-3118-2017-05-0>
- Aakre, I., Solli, D. D., Markhus, M. W., Mæhre, H. K., Dahl, L., Henjum, S., Alexander, J., Korneliussen, P.-A., Madsen, L. & Kjellevoid, M. (2021). Commercially available kelp and seaweed products - valuable iodine source or risk of excess intake? *Food Nutr Res*, 65, 1-17.
<https://doi.org/10.29219/FNR.V65.7584>
- Aasland, T., Johannessen, F. E. & Pronova, b. (1997). *Utfordringen fra havet : om utnyttelse av norske tang- og tareressurser*. Pronova biopolymer Didakta norsk forl.

Tabellen under viser målt aminosyrekonsentrasjon i mg/g tørrvekt, samt mg/g protein. I tillegg viser den TAA, EAA og EAA/AA for *Saccharina latissima* høstet fra hav og tørket (HT), tørket og blansjert (HBT) og høstet fra fjord og tørket (FT) og tørket og blansjert (FBT). Presenteres som gjennomsnitt (n=3).

| | HT | | HBT | | FT | | FBT | |
|----------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| | mg/g tørrvekt | mg/g protein | mg/g tørrvekt | mg/g protein | mg/g tørrvekt | mg/g protein | mg/g tørrvekt | mg/g protein |
| Asp | 3,24 | 132,76 | 3,42 | 154,19 | 5,57 | 126,61 | 8,48 | 134,65 |
| Glu | 2,95 | 120,82 | 3,19 | 143,90 | 5,33 | 121,16 | 7,52 | 119,37 |
| Asn | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 0,05 |
| His | 0,43 | 17,77 | 0,34 | 15,15 | 0,48 | 10,82 | 0,96 | 15,31 |
| Ser | 1,50 | 61,69 | 1,47 | 66,09 | 2,17 | 49,27 | 4,23 | 67,16 |
| Gln | 0,03 | 1,34 | 0,03 | 1,55 | 0,04 | 0,99 | 0,09 | 1,45 |
| Gly/Arg | 2,98 | 122,29 | 2,82 | 127,18 | 5,64 | 128,22 | 8,56 | 135,98 |
| Thr | 1,59 | 65,39 | 1,53 | 69,09 | 2,29 | 51,98 | 4,53 | 71,89 |
| Ala | 4,15 | 170,33 | 2,23 | 100,27 | 8,20 | 186,60 | 7,21 | 114,41 |
| Tyr | 0,38 | 15,55 | 0,01 | 0,30 | 0,11 | 2,56 | 0,06 | 0,98 |
| Aba | 0,07 | 2,88 | 0,05 | 2,23 | 0,12 | 2,74 | 0,06 | 0,99 |
| Met | 0,52 | 21,32 | 0,48 | 21,54 | 0,93 | 21,20 | 1,85 | 29,39 |
| Val | 1,16 | 47,67 | 1,18 | 53,01 | 2,39 | 54,47 | 3,44 | 54,63 |
| Phe | 1,20 | 49,11 | 1,11 | 50,20 | 2,35 | 53,56 | 3,48 | 55,24 |
| Ile | 0,84 | 34,44 | 0,83 | 37,20 | 1,70 | 38,73 | 2,49 | 39,47 |
| Leu | 1,93 | 79,24 | 2,00 | 90,04 | 3,92 | 89,25 | 5,82 | 92,37 |
| Lys | 1,40 | 57,32 | 1,51 | 68,02 | 2,71 | 61,74 | 4,20 | 66,67 |
| TAA | 24,39 | | 22,20 | | 43,96 | | 62,98 | |
| TAA (g) / g tørrvekt | 0,02 | | 0,02 | | 0,04 | | 0,06 | |
| EAA | 9,08 | | 8,98 | | 16,78 | | 26,76 | |
| EAA/AA | 37 % | | 40 % | | 38 % | | 42 % | |