

Anne Olea Bye

Karakterisering av norsk viltvoksende og kultivert *Palmaria palmata*

Bacheloroppgave i bioingeniørfag

Veileder: Finn L. Aachmann

Medveileder: Gerd Inger Sætrom, Asle Grislingås

Mai 2023

Anne Olea Bye

Karakterisering av norsk viltvoksende og kultivert *Palmaria palmata*

Bacheloroppgave i bioingeniørfag
Veileder: Finn L. Aachmann
Medveileder: Gerd Inger Sætrom, Asle Grislingås
Mai 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for naturvitenskap
Institutt for bioingeniørfag



Kunnskap for en bedre verden

Forord

Denne bacheloroppgaven er en del av faget HBIOT2035 ved NTNU i Trondheim, og ble gjennomført våren 2023. Oppgaven er utført på oppdrag fra Norwegian Seaweed Biorefinery Platform (SBP-N), som er et prosjekt hvor ulike forskningsinstitutt samarbeider mot å utvikle den norske tang- og tareindustrien, finansiert av Norges forskningsrådet. De involverte i oppgaven er NTNU, Norwegian Seaweed AS (NSAS), Nofima og SINTEF Industri. NTNU har bidratt med opplæring, oppfølging, laboratorier og utstyr. NSAS og SINTEF Industri har bidratt med materialet til oppgaven. Nofima har ambisjoner om å teste materialets anvendbarhet videre i forskjellige matmatriser

Takk til min veileder Finn L. Aachmann for å få lov å skrive en så spennende oppgave ved SBP-N, og for god faglig veiledning. Jeg vil særlig takke Gerd Inger Sætrum, min biveileder, for alt av labopplæring, veiledning og svar på spørsmål. Gerd Inger har hatt troa på meg og oppgaven hele tiden, og har vært til stor hjelp. Takk til biveileder Asle Grislingås for god veiledning med skrivingen. Jeg vil også takke Siri Stavrum og Synnøve S. Jacobsen for opplæring og veiledning på lab. I tillegg vil jeg takke Turid Rustad, Olav Andreas Aarstad og Christian Cheung for faglig bidrag og svar på spørsmål.

NTNU, Trondheim, 20.05.2023

Anne Olea Bye

Abstract

The macroalgae *Palmaria Palmata* (*P. palmata*) is one of several macroalgae species that grow along the coast of Norway. With the world in constantly search of new food resources, Norway has great potential for the cultivation of macroalgae with its long coastline. Until now, there have been few actors who have cultivated *P. palmata* due to its smaller size compared to other macroalgae, making it more challenging to harvest in large volumes. A startup company named Norwegian Seaweed AS has cultivated *P. palmata* for the first time in the 2022/2023 season. The environment around the macroalgae can affect the nutrient content. In this regard, there is a need to characterize the composition of the cultivated variant of *P. palmata* and compare it with wild *P. palmata*.

The study is associated with the Seaweed Biorefinery Platform Norway (SPB-N) at the Norwegian University of Science and Technology (NTNU) in Trondheim. The material for the study was provided by SINTEF Industry and Norwegian Seaweed AS (NSAS). Three different samples of *P. palmata* were used for the study: one sample from wild-grown *P. palmata*, and two samples from cultivated *P. palmata* under different growth conditions. One sample was grown with higher light exposure and more space for movement compared to the other. The composition of the three seaweed samples was characterized based on their dry matter, ash, proteins, amino acids, monosaccharides, as well as carbon, nitrogen, hydrogen, sulfur, and element content.

The cultivated *P. palmata* had the highest amount of dry matter and ash, while there were minor differences between the two cultivated samples. A higher amount of carbon, nitrogen, hydrogen, and sulfur was detected in wild *P. palmata* compared to cultivated *P. palmata*. The protein content in wild *P. palmata* was also higher than in the cultivated samples. From the determination of amino acids, it was found that the cultivated *P. palmata*, which had grown with less light exposure and less space, had a significantly higher content of glutamic acid compared to the more light-exposed sample. A remarkably high content of xylose was found in all three samples. Lower levels of iodine and cadmium were found in the two cultivated samples compared to wild *P. palmata*. The content of arsenic was noticeably higher in the more light-exposed cultivated sample with more room for space. To optimize the results, further research with more samples is recommended.

Sammendrag

Tarearten *Palmaria Palmata* (*P. palmata*) er én av flere tarearter som vokser langs kysten i Norge. Verden er stadig på jakt etter nye matressurser, og med verdens nest lengste kystlinje har Norge et stort potensial for kultivering av makroalger. Det er få aktører som har kultivert arten *P. palmata* frem til nå, på grunn av at den er mindre i størrelse enn andre makroalger, og dermed vanskeligere å høste i store volum. En oppstartsbedrift ved navn Norwegian Seaweed AS har kultivert *P. palmata* for første gang i sesongen 2022/2023. Miljøet påvirker næringsinnholdet i makroalger. I den forbindelse er det behov for å karakterisere den kjemiske sammensetningen i den kultiverte varianten, for å sammenligne med viltvoksende *P. palmata*.

Oppgaven er tilknyttet Seaweed Biorefinery Platform Norway (SPB-N) ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU) i Trondheim. Materialet i oppgaven er levert av SINTEF Industri og Norwegian Seaweed AS (NSAS). Tre ulike tareprøver av arten *P. palmata* var utgangspunktet for oppgaven. Én av prøvene var fra viltvoksende *P. palmata*, og to prøver var fra kultivert *P. palmata* under to ulike vekstforhold. Den ene ble dyrket med høyere eksponering av lys og mer bevegelsesrom enn den andre. I de tre tareprøvene ble den kjemiske sammensetningen karakterisert ut fra innhold av tørrstoff, aske, proteiner, aminosyrer, monosakkarider, samt innhold av karbon, nitrogen, hydrogen og svovel og tungmetaller.

Tørrstoff- og askemengden var høyest i kultivert *P. palmata*. Det var små forskjeller mellom de to kultiverte prøvene. Det ble detektert en større mengde karbon, nitrogen, hydrogen og svovel i viltvoksende *P. palmata* enn i kultivert *P. palmata*. Proteininnhold i viltvoksende *P. palmata* hadde også et høyere resultat enn i de kultiverte prøvene. Fra bestemmelse av aminosyrer ble det gjort funn av at kultivert *P. palmata* som hadde vokst med mindre lyseksponering og rom for bevegelse hadde et mye høyere innhold av glutaminsyre enn den mer lyseksponerte prøven. Et høyt innhold av xylose ble funnet i alle tre prøvene. Det ble gjort funn av et lavere innhold av jod og kadmium i de to kultiverte prøvene enn i viltvoksende *P. palmata*. Innholdet av arsen var høyere i den kultiverte prøven med høyest lyseksponering og bevegelsesrom. Det oppfordres til videre forskning med flere prøver for å optimalisere resultatene.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	1
1.2	<i>Tang og tare-industrien</i>	<i>1</i>
1.3	<i>Makroalger</i>	<i>1</i>
1.4	<i>Makroalger i matindustrien</i>	<i>2</i>
1.5	<i>Tang og tare kan inneholde helsefarlige stoffer</i>	<i>3</i>
1.5.1	<i>Palmaria Palmata.....</i>	<i>3</i>
1.6	<i>Kultivering og høsting av tare i Norge</i>	<i>5</i>
1.7	<i>Bakgrunn for arbeidet.....</i>	<i>6</i>
1.8	<i>Mål.....</i>	<i>7</i>
2	Materiale og metode.....	8
2.1	<i>Materialet</i>	<i>8</i>
2.2	<i>Karakterisering av P. palmata prosessbeskrivelse</i>	<i>10</i>
2.3	<i>Forberedelse og klargjøring av materialet.....</i>	<i>11</i>
2.3.1	<i>Frysetørrking</i>	<i>11</i>
2.3.2	<i>Oppmaling.....</i>	<i>12</i>
2.4	<i>Analyse av tørrstoff- og askeinnhold</i>	<i>12</i>
2.5	<i>Forberedelse til analyse av totale aminosyrer med HPLC</i>	<i>13</i>
2.6	<i>Tillaging av tareekstrakt</i>	<i>13</i>
2.7	<i>Forberedelse til analyse av frie aminosyrer med HPLC</i>	<i>14</i>
2.8	<i>Forberedelse til CHNS-analyse</i>	<i>14</i>
2.9	<i>Forberedelse til analyse av monosakkarider med HPAEC-PAD</i>	<i>15</i>
2.10	<i>Bestemmelse av protein-innhold med LOWRY metode.....</i>	<i>16</i>
2.11	<i>ICP-MS utført av SINTEF.....</i>	<i>17</i>
3	Resultater	18
3.1	<i>Biomassen</i>	<i>18</i>
3.2	<i>Ingen store forskjeller i vann-, tørrstoff- og askeinnhold</i>	<i>20</i>
3.3	<i>Høyest innhold av nitrogen, karbon, hydrogen og svovel i prøve fra viltvoksende P. palmata</i>	<i>22</i>
3.4	<i>Innholdet av totale aminosyrer er høyest i prøven fra viltvoksende P. palmata.....</i>	<i>22</i>
3.5	<i>Høyt innhold av glutaminsyre i kultivert P. palmata Batch B knyttes til umamismak</i>	<i>24</i>
3.6	<i>Proteininnholdet kultivert P. palmata er noe lavere enn i viltvoksende P. palmata</i>	<i>25</i>
3.7	<i>Monosakkarid-bestemmelse med HPAEC-PAD viser høyt xylose-innhold i P. palmata.....</i>	<i>26</i>
3.8	<i>ICP-MS-analyse viser positivt resultat med lavt jod-innhold i kultivert P. palmata</i>	<i>29</i>
4	Diskusjon og konklusjon	32
4.1	<i>Konklusjon.....</i>	<i>36</i>
4.2	<i>Videre arbeid.....</i>	<i>38</i>
5	Referanser.....	39

6	Vedlegg	41
6.1	Rådata/resultater	41
6.1.1	«Resultat totale aminosyrer med HPLC»	41
6.1.2	«Resultat frie aminosyrer med HPLC»	41
6.1.3	«Resultat CHNS»	42
6.1.4	Resultat monosakkarid	43
6.1.4.1	HPAEC-PAD excel-fil	43
6.1.4.2	HPAEC-PAD kromatogram	44
6.1.5	«Resultat ICP-MS utført av SINTEF»	45
6.2	Standardkurve LOWRY	46
6.3	Vekt av biomasse til beregning av tørrstoff- og askeinnhold	46

1 Innledning

1.2 Tang og tare-industrien

Norge med sin lange kystlinje har et stort potensial for dyrking av tang og tare. Høsting av tare og produksjon av alginat har vært en stabil industri i flere tiår i Norge. Tareindustrien i Norge er den største i Europa, og har blitt tredoblet siden 2014(1). Fra 2018 til 2021 har antall områder til sjøs med kommersiell produksjon av alger økt fra 83 til 105(2). Det er i dag over 30 taredyrkere som er spredt over hele landet, og i løpet av 2022-sesongen ble det høstet til sammen rundt 500 tonn tare her til lands(3).

Tang og tare kan benyttes som en ressurs på flere områder, blant annet som dyrefôr, gjødsel, i legemiddelindustrien, i kosmetikk, som mat og andre typer råvarer. I takt med økende oppmerksomhet rundt klimaendringene i verden har interessen for tare vokst, fordi tare har en positiv effekt på miljøet. Tare tar ikke bare opp karbondioksid, nitrogen og fosfor fra havet, den produserer også oksygen(4).

1.3 Makroalger

Tang og tare, som felles går under benevnelsen *makroalger*, er en type plante som vokser langs kysten over store deler av verden. Forskjellen på tang og tare er at tare vokser dypere i havet, mens tang er det som knyttes til fjæresonen(6). Makroalger kan defineres som «flercellede alger eller kolonier av encellede alger som er synlige med det blotte øyet»(7).

Tang og tare deles inn i tre ulike grupper, ut ifra pigment: *Ochrophyta* (brunalger), *Rhodophyta* (rødalger) og *Chlorophyta* (grønnalger). Hver gruppe innad har til felles at de likner hverandre i utseende, og at de så og si har likt livsmiljø(8).

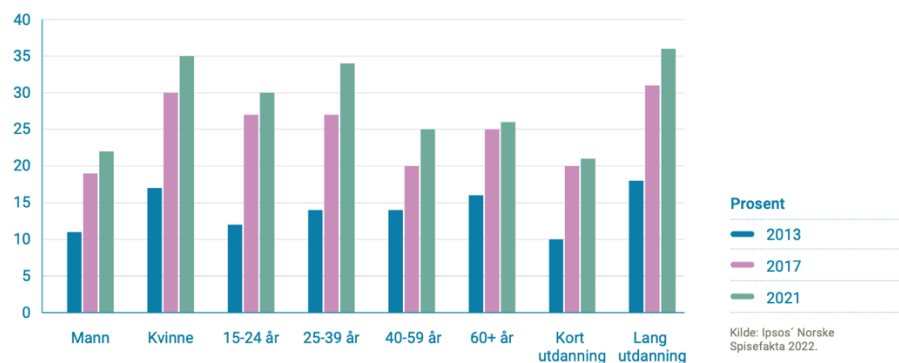
Den eldste bruken av makroalger kan spores helt tilbake til en gang mellom år 521 og 597 i følge K. Østgaard og M. Indergaard som har arbeidet med historien til den anvendte tang- og tareforskningen(8). Én av mange fordeler med makroalger er at de gror raskt, som gjør at de kan høstes ofte. I tillegg har alger et høyt innhold av blant annet jern, kalsium og jod(5). Dette er også en av årsakene til at makroalgene har fått stor interesse fra matindustrien.

1.4 Makroalger i matindustrien

Makroalger har et potensiale til å kunne erstatte plastbaserte materialer, batteri, fortykningsmiddel i maling og rengjøringsmidler, til å brukes i kosmetikk, og i mat. Med økt oppmerksomhet rundt klima følger økt interesse for mer klimavennlige og alternative matkilder. Et økt søkelys på å utnytte ressursene i havet på en bærekraftig måte er en faktor som har gjort dyrking makroalger til en realitet. Å høste arter som befinner seg lavt i næringskjeden, er et av mange tiltak mot klimaendringer vi har i dag(7).

Med matkilder menes både mat for mennesker, men også for fisk og andre dyr. Med en økt etterspørsel av dyrefôr følger også et press på et begrenset landbruksareal. Her kan akvakulturnæringen komme inn som en alternativ proteinkilde. Lokale råvarer kan erstatte blant annet soyabasert mat som er avhengig av import. En annen fordel med produksjon av makroalger sammenlignet med landbasert jordbruk er at dyrkingen kan gjøres uten å bruke sprøytemidler, uten behov for ferskvann, og de tar opp CO₂, nitrogen og fosfor. Akvakulturnæringen kan både gi muligheter for en mer bærekraftig mat- og fôrproduksjon, og samtidig frigjøre plass til dyrkbare landarealer(9).

Andelen som sier at de helst ikke vil spise for mye av kjøtt, etter kjønn, alder og utdanningslengde



Figur 1: Oversikt over andel som sier at de helst ikke vil spise for mye kjøtt, fra 2013-2021, hentet fra "Utviklingen i norsk kosthold 2022", fra Helsedirektoratet.no(10).

I Norge har det fra 2013 til 2021 skjedd en fordobling i hvor mange som helst ikke vil spise for mye kjøtt. **Figur 1** viser en oversikt over andelen som i en undersøkelse svarer at de helst ikke vil spise for mye av kjøtt, fordelt ut fra kjønn, alder og utdanningslengde(10). Mange som ikke ønsker å spise kjøtt kan finne det vanskelig å få i seg nok proteiner. Det har blitt forsket på *P. palmata* som alternativ kilde til proteiner ettersom den er kjent for å ha høyt proteininnhold sammenlignet med andre tarearter(11).

1.5 Tang og tare kan inneholde helsefarlige stoffer

Én av utfordringene med tang og tare i mat i dag er innholdet av stoffer som kan være helsefarlige i store mengder. I oppgaven blir det sett på innhold av jod, kadmium og uorganisk arsen. Sjømat er én av de viktigste kildene til jod, og anbefalt inntak av jod er 0,05-0,15 mg per dag (avhengig av alder og under graviditet eller ikke). Det anbefales ikke å ha et daglig jod-inntak på over 0,6 mg, og både for mye og for lite jod kan påvirke stoffskiftet(12). Ifølge en studie fra 2021 på jod-innholdet i 96 forskjellige tang- og tareprodukter blitt undersøkt av forskere ved Havforskningsinstituttet (HI). Det ble gjort undersøkelser av blant annet fingertare, sukkertare og kombu. Jod-innholdet varierte fra 128 mikrogram til 62 000 mikrogram i kun én porsjon. Dette gjaldt produktene som var rene tang- og tareprodukter(13). HI beskriver i en rapport om «kunnskapsoppdatering på tang og tare til bruk i mat og fôr» om tarens innhold av helsefarlige stoffer(14).

Uorganisk arsen er et stoff som i for store mengder kan gi økt risiko for lungekreft og hudkreft(15). Blant den voksne befolkningen (inkludert voksne og eldre) varierer det gjennomsnittlige eksponeringen for uorganisk arsen gjennom kostholdet fra 0,09 til 0,38 µg/kg kroppsvekt per dag(16). Det er ikke bare i alger uorganisk arsen finnes, men også i tradisjonelle matvarer og i ulike former i miljøet. Kadmium, som er et giftig tungmetall, finnes også i en rekke tradisjonelle matvarer. Det som kan skje ved for høyt inntak av kadmium er at det blir akkumulert i kroppen og kan gi beinskjørhet, nyreskader og økt risiko for kreft(15). Gjennomsnittlig ukentlig inntak av kadmium bør ikke være over 2,52 µg/kg kroppsvekt for å oppnå 1 µg kadmium per g kreatinin. Dette er basert på tall hos 95 prosent av 50-åringene i befolkningen(17).

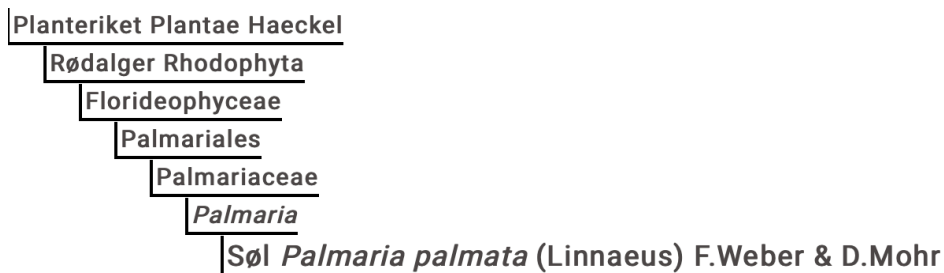
1.5.1 *Palmaria Palmata*

Rhodophyta (norsk; rødalger) har sin sterke rødfarge fra pigmentene Phycoerythrin og Phycocyanin(18). **Figur 2** viser to tørkede og pressede rødalger av arten *P. palmata*.



Figur 2: Kultivert *P. palmata* fra Norwegian Seaweed AS. Foto: Anne Olea Bye

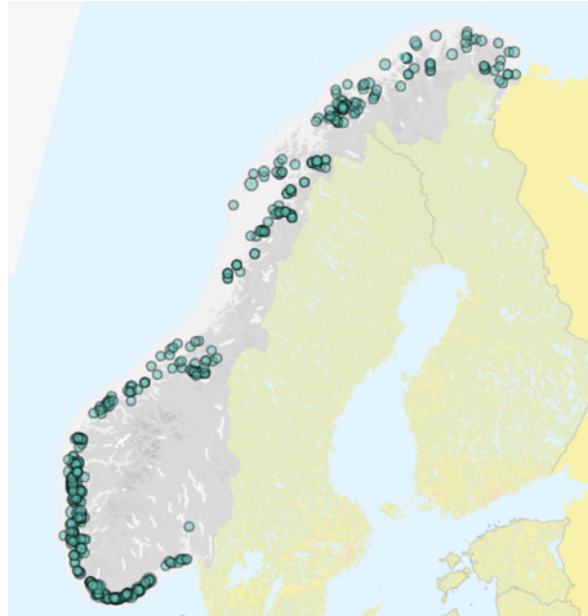
P. palmata, (engelsk; *dulse*, norsk; *søl*), er en velkjent tareart innenfor familien *Palmariaceae*(19). Kategorisering av tarearter er gjort etter rike, rekke, klasse, orden, familie og slekt på artsdatabanken.no. **Figur 3** viser hvordan *P. palmata* er kategorisert.



Figur 3: Kategorisering av *P. palmata*, fra øverst til nederst, etter: rike, rekke, klasse, orden, familie, slekt og art. Hentet fra artsdatabanken.no(7)

Tarearten *P. palmata* vokser langs den nordatlantiske kysten, og kan finnes langs hele Norskekysten. I **Figur 4** finnes en oversikt over hvor *P. palmata* er dokumentert funnet i Norge og Longyearbyen i følge Artsdatabanken(19). *P. palmata* er en del mindre i størrelse enn brunalger som f.eks. *Saccharina latissima* og *Alaria esculenta*, som derfor gjør den mer utfordrende å høste i store volum. Den kan bli opp til 1 m lang, men størrelsen varierer som oftest mellom 20 -50 cm i lengde(20).

P. palmata har vært brukt i kosthold i Nord-Europa i århundrer, og er svært attraktiv i mat-industrien. Årsaken til dette er at den er både rik på protein, vitaminer, mineraler og antioksidanter(21), og har i tillegg et rykte for å være rik på smak.



Figur 4 Oversikt over funn av viltvoksende *P. palmata* i Norge. Bildet er hentet fra Artsdatabanken.no. Europa-bakgrunnskart fra kartverket..

1.6 Kultivering og høsting av tare i Norge

Kultivering av tare er en nyere industri her i Norge som har begynt å ta form de siste årene. Å kultivere vil si å lage grobunn for dyrking av egen tare, og gjøres ved å trekke nett mellom bøyer for deretter og så ut taresporer. Det kreves en tillatelse fra fylkeskommunen jvf. akvakulturloven § 4 for å kunne produsere og dyrke tare(22). I **Figur 5** vises en oversikt fra Fiskeridirektoratet over hvor mange produksjonsselskap av alger som er opprettet fra 2015 til 2021. Det har vært en økning fra totalt 10 selskap og 106 tillatelser i 2015 til å bli 23 selskap og 210 tillatelser i 2021, med en sannsynligvis voksende trend(2).

Antall selskap og tillatelser i drift etter fylke

Number of companies and licenses with production by county

Fylke County	2021		2020		2019		2018		2017		2016		2015	
	Selskap Companies	Tillatelser Licences	Selskap Companies	Tillatelser Licences	Selskap Companies	Tillatelser Licences	Selskap Companies	Tillatelser Licences	Selskap Companies	Tillatelser Licences	Selskap Companies	Tillatelser Licences	Selskap Companies	Tillatelser Licences
Troms og Finnmark	1	1	2	2	0	0	2	2	1	1	0	0	0	0
Nordland	6	90	5	70	4	56	5	60	5	74	4	68	2	29
Trøndelag	2	8	2	5	2	10	3	7	3	5	4	9	3	6
Møre og Romsdal	4	4	7	8	2	3	2	2	1	1	0	0	0	0
Vestland	9	99	10	141	8	88	10	92	6	54	7	56	5	71
Rogaland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Øvrige fylker	1	8	1	2	1	9	1	9	0	0	0	0	0	0
Totalt/Total	23	210	27	228	17	166	23	172	16	135	15	133	10	106

Figur 5: Statistikk over antall selskap og tillatelser for kultivering i drift etter fylke, fra 2015-2021. Antall selskap har økt fra totalt 10 i 2015 til 23 i 2021. Antall tillatelser har økt fra totalt 106 til 210 i samme periode. Kilde: fiskeridir.no(2)

På grunn av *P. palmata* sine mange gevinster ønskes det å produsere mer av denne tarearten i Norge. I dag finnes den i hovedsak som villtare, men på grunn av økt etterspørsel og fremtidig bærekraftig utvikling vil man øke innsatsen for å kultivere arten(1). Kultivering under kontrollerte forhold kan gi økt trygghet, kvalitet og kunnskap om næringsinnhold i taren. Dette kan igjen føre til høyere etterspørsel fra matprodusenter, noe som er ønskelig for tare-industrien.

Én av utfordringene med *P. palmata* i Norge i dag er at den er mer utilgjengelig enn de vanligste brunalgene. På grunn at *P. palmata* er vanskelig å høste i store mengder, har den ikke vært i søkelyset i like stor grad som sukkertare. Den vokser seg verken like stor eller like tett som brunalger, og kan også vokse på selve brunalgene eller andre tarearter.

1.7 Bakgrunn for arbeidet

Oppgaven er tilknyttet Norwegian Seaweed Biorefinery Platform Norway (SBP-N) ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU) i Trondheim. SBP-N er en «kunnskapsplattform for forskere, industri og forvaltning som skal skape og spre kunnskap til det beste for en bærekraftig norsk tareindustri basert på kultiverte arter»(3). SBP-N finansieres av forskningsrådet, og ledes fra institutt for Bioteknologi og Matvitenskap ved NTNU i Trondheim. Her mottas tareprøver fra forskjellige norske aktører. Taren til denne oppgaven er levert av SINTEF Industri og Norwegian Seaweed AS (NSAS). Enkelte analyser (Induktivt koblet plasmamassespektrometri, forkortet ICP-MS) er utført av SINTEF. NSAS er et selskap som ønsker å satse på kultivering av *P. palmata* i Norge, og har nå startet opp med første dyrkesesong i 2022/2023.

1.8 Mål

For å undersøke om *kultivert P. palmata* tilsvarer *viltvoksende P. palmata* i innhold av en rekke komponenter ønskes det å utføre full karakterisering av biomaterialet i begge variantene. I tillegg har oppgaven to ulikt kultiverte prøver av *P. palmata*, for å kunne studere eventuelle forskjeller i innhold ut fra vekstmiljø. I denne oppgaven skal prøvene analyseres for innhold av tørrstoff og aske, totale og frie aminosyrer, monosakkarider, proteiner, karbon, hydrogen, nitrogen, sulfur, og grunnstoff. En kartlegging som dette vil gi mer oversikt og informasjon om tarearten. Ved å sammenligne resultatene kan en vurdere om kultiveringsforholdene er gode nok i dag, eller om justeringer må gjøres. Dette vil være nyttig for produsentene, fordi kvaliteten har betydning for prissetting og for å kunne ta kunnskapsbaserte valg når de ulike bruksområdene skal velges(3). Målet med oppgaven er å kartlegge sammensetningen i kultivert *P.Palmata*, og sammenligne med viltvoksende *P.palamta*. Dette kan bidra til å innhente ny kunnskap om hvilke(t) dyrkningsmiljø som vil gi maksimal utnyttelse-, og forhåpentligvis økt tilgjengelighet av arten.

2 Materiale og metode

2.1 Materialet

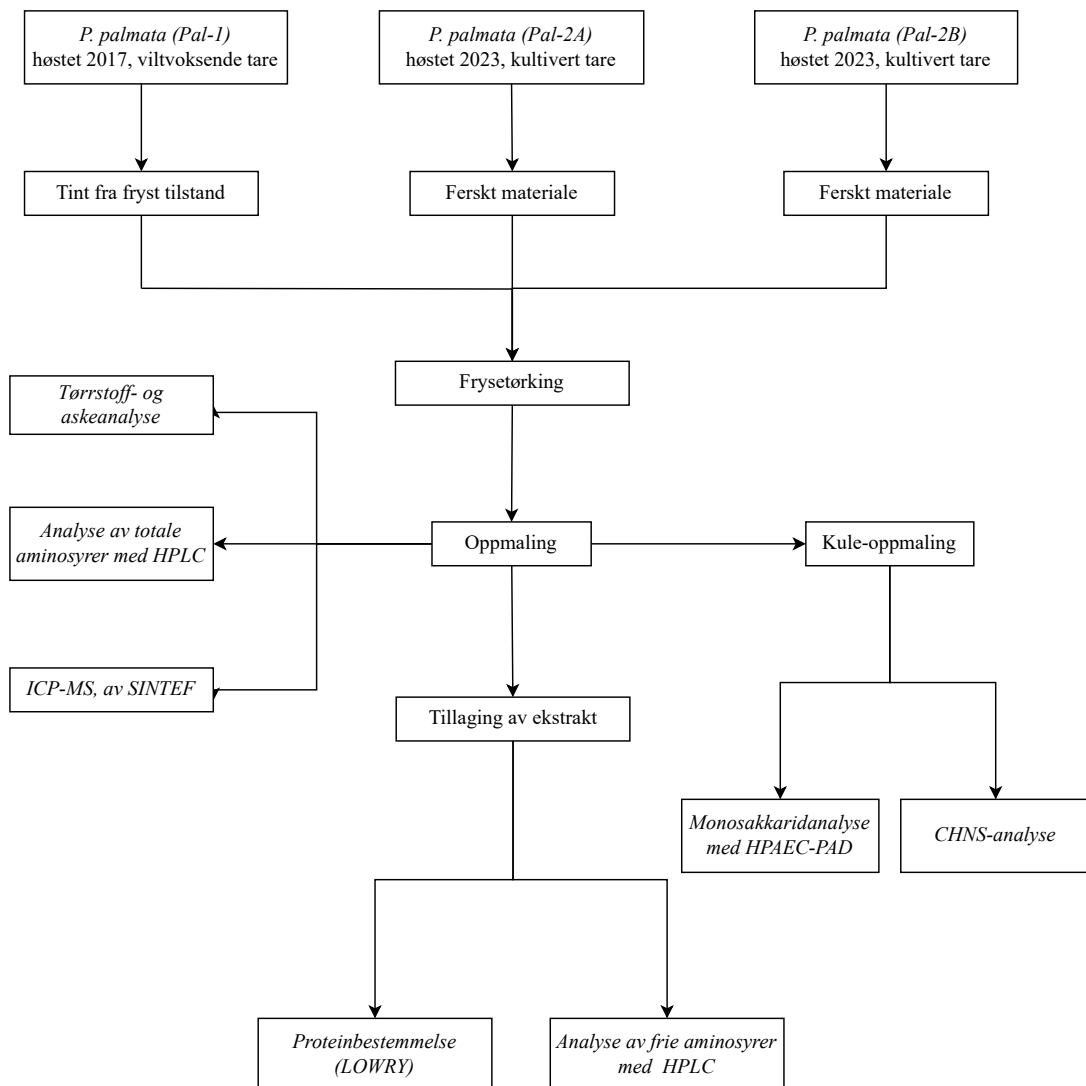
Materialet som ble brukt i oppgaven var tre ulike tareprøver av arten *P. palmata*. Én av prøvene var fra viltvoksende *P. palmata*, og de to andre prøvene var kultivert *P. palmata* med to forskjellige kultiveringsoppsett. Viltvoksende *P. palmata* blir videre i oppgaven omtalt «*Pal-1*». *Pal-1* ble høstet 17. april 2017 utenfor Bodø i Norge, og har vært fryst frem til bruk i denne oppgaven. Taren ble høstet og levert av SINTEF Industri, og brukes som en sammenligning opp mot de to andre, kultiverte tareprøvene. De to prøvene fra kultivert *P. palmata* ble høstet 21. mars 2023 ved SINTEF SeaLab i Trondheim. De ble høstet og levert av NSAS. Den kultiverte taren var fordelt i to poser, Batch A og Batch B.

Batch A av *P. palmata* omtales videre i oppgaven som «*Pal-2A*». *Pal-2A* har blitt dyrket med eksponering for mye lys, og god plass under vekstprosessen. Lysintensiteten reguleres med LED-panel. Med god plass menes at taren har hatt en relativ lavere tetthet per volum i dyrkingskarene, noe som gir mer rom for bevegelse og mindre skyggelegging av hverandre. Batch B av *P. palmata* vil videre omtales som «*Pal-2B*». I forhold til *Pal-2A* har *Pal-2B* har vokst tettere, fått mindre rom for bevegelse. Det har medført mindre eksponering for lys under vekstprosessen, til tross for at lysintensiteten var den samme. Lysintensiteten på overflaten under LED-panelene var målt til $1100 \pm 150 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Forskjellen mellom *Pal-2A* og *Pal-2B* var antall LED-paneler over dyrkingskarene, som gjør at større andel av vannoverflaten blir eksponert til høy lysintensitet. I dyrkingskaret til *Pal-2A* var ~30% dekt av LED-paneler, mens *Pal-2B* hadde ~10% dekning. Salinitet ble målt til 33 ± 0.5 ppt. (deler per tusen) (fra samtale med C. Cheung, NSAS). Vekstforholdene er listet opp i **Tabell 1**.

Tabell 1 Innhøstingsdato/sted og vekstforhold for tareprøvene Pal-1, Pal-2A og Pal-2B.

Prøve	Høstet fra	Høstet dato/sted	Vekstforhold generelt	Lysintensitet og antall LED-panel
Pal-1	Viltvoksende <i>P. palmata</i>	17.april 2017, utenfor Bodø	Har vokst under naturlige forhold.	Ukjent/naturlig lys.
Pal-2A	Kultivert <i>P. palmata</i> batch A	21.mars 2023, Trondheim	Har vokst i dyrkingskar med mye lys og god plass for bevegelse. Lavere tetthet per volum enn <i>Pal-2B</i> .	1100 ± 150 μmol/m ² /s To LED-panel, ~30% dekning
Pal-2B	Kultivert <i>P. palmata</i> batch B	21.mars 2023, Trondheim	Har vokst i dyrkingskar med mindre rom for bevegelse og dermed lavere lyseksponering. Høyere tetthet per volum.	1100 ± 150 μmol/m ² /s Ett LED-panel, ~10% dekning

2.2 Karakterisering av *P. palmata* prosessbeskrivelse



Figur 6 Fremgangsmåte for karakterisering av *P. palmata* forklart i et flytskjema.

Det ble gjort totalt syv ulike analyser i oppgaven. Analysene er merket med kursiv i **Figur 6**, hvor fremgangsmåten for oppgaven er presentert i et flytdiagram. Det ble mottatt tre ulike tareprøver. Prøven *P. palmata-1 (Pal-1)* ble høstet i 2017 av SINTEF og fryst ned frem til startdato for oppgaven. Prøven ble tint og frysetørket før den ble oppmalt i små partikler. Prøvene *P. palmata-2A* og *2B* ble høstet i 2023 av NSAS og ble frysetørket direkte fra fersk tilstand før oppmaling. Videre ble samme analyser utført på alle de tre prøvene. Oppmalt materiale ble brukt til å gjøre analyse av tørrstoff- og askeinnhold, totale aminosyrer med HPLC og ICP-MS. Før monosakkaridanalyse med HPAEC-PAD og analyse av CHNS ble materialet malt til enda mindre partikler med kulemølle. Det ble lagd ekstrakt av prøvene som ble brukt til analyse av protein med LOWRY metode, og til analyse av frie aminosyrer med HPLC. Detaljert beskrivelse av metodene følger nedenfor.

2.3 Forberedelse og klargjøring av materialet

All tare som ble mottatt ble først kuttet opp og fordelt i lynlåsposer. Da posen med *Pal-1* ble tatt opp fra fryseren var det mye is rundt taren. Den ble derfor tint før frysetørking. I opptiningsprosessen ble det tapt en del vann fra isblokken rundt taren. Det er ukjent hvor mye av isen som var naturlig vanninnhold eller hvor mye som var overskuddsvann. Prøvene *Pal-2A* og *Pal-2B* som var derimot ferske og klar til å puttes direkte til frysetørking.

2.3.1 Frysetørking

Alt materialet ble frysetørket i kolber (se **Figur 7**) i en Delta 2-24 LSCplus frysetørker for å fjerne vanninnholdet. Frysetørken bruker vakuum for å trekke fukt ut av innholdet i kolbene. Det vil skje en *sublimering*, som vil si at vannet i prøven omdannes direkte fra fast is (fast fase) til vanndamp (gassfase). Ved å bruke denne tørkemethoden vil den opprinnelige strukturen til biomassen bli bevart. Under påkobling ble det sett til at frysetørken holdt et vakuum under 1 bar (mellom 0.95-1.00) for at trykket er lavt nok til at prøvene tørker, men ikke for lavt, slik at kolbene ikke imploderer.



Figur 7 Biomasse overført til kolber (t.v.) som ble hengt opp på frysetørken Delta 2-24 LSCplus, og tørket biomasse (t.h.) for oppmaling med «Royal Catering Multi Grinder»

2.3.2 Oppmaling

Det ble brukt en kvern ment for krydder ved navn «Royal Catering Multi Grinder» for å male opp taren etter frysetørring. Materialet ble malt til homogen partikkelstørrelse, som var nødvendig for videre analyser. Oppmaling foregikk i avtrekksskap. For analysene «Monosakkarid-bestemmelse med HPAEC-PAD» og «Høyest innhold av » ble det i tillegg benyttet en kulemølle (Retch Oscillating Mill MM400) for å male materialet til enda finere partikler. Seks stålkuler av størrelse ti millimeter ble lagt i hver beholder. Prøven ble oppmalt i 35 ml stålbeholdere på 20 Hertz i 15 minutter.

2.4 Analyse av tørrstoff- og askeinnhold

Til å bestemme askeinnholdet i prøvene ble det brukt en askeovn ved navn Nabertherm. Metoden ble gjort for å bestemme mengde uorganiske mineraler i prøven. De organiske mineralene ble forbrent i askeovnen, og det som etterlates er de uorganiske mineralene. Mengde mineraler kan påvirke vekst av mikroorganismer, i tillegg til at de fysiske-kjemiske egenskapene til matvarer bestemmes av det. Mineralinnholdet er derfor viktig i vurdering av prøvens ernæring og kvalitet(23).

Det ble veid inn tre paralleller av hver prøve til måling av tørrstoff og askeinnhold. Ni digler ble tørket på 105 °C i ~30 minutter og veid før bruk. Det ble veid inn mellom to og tre gram

tare i hver digel før de ble satt i varmeskap på 105 °C i 24 timer. Diglene ble satt inn i en eksikator (se **Figur 14**) til de var nedkjølt til romtemperatur og veid inn. Diglene ble overført til askeovnen, som ble innstilt til 550 °C i ~12 timer (over natten). Etter prøvene var blitt nedkjølt til romtemperatur igjen ble de veid, og askeinnhold ble beregnet ut fra vekt før og etter.

2.5 Forberedelse til analyse av totale aminosyrer med HPLC

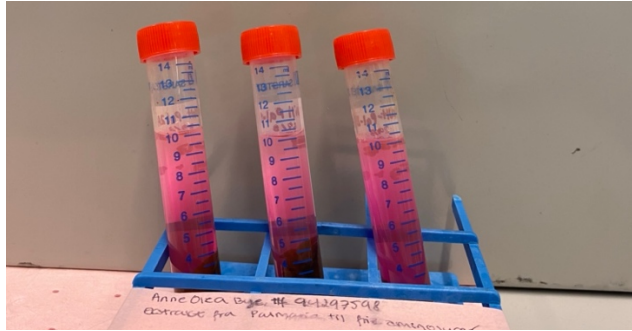
Metoden som ble brukt for bestemmelse av totale aminosyrer var «Lindroth & Mopper, 1979, endret av: Flynn, 1988». Prøvene ble analysert med High-performance liquid chromatography (HPLC). Det ble brukt revers-fase HPLC, som betyr at mobilfasen er polar, og stasjonærfasen upolar.

For bestemmelse av total aminosyresammensetning ble det veid inn 50 mg i tre paralleller av prøvene i glass-rør. Det ble tilsatt 1 ml 6M HCl i rørene. Blandingen ble satt i varmeskap med en temperatur på 105 °C i 22 timer. Prøvene ble nedkjølt til romtemperatur, og overført til egne 10ml begerglass ved hjelp av destillert vann. Alle prøvene ble nøytralisert med NaOH og HCl i ulike konsentrasjonen til å ha $\text{pH} \approx 7,0$.

Deretter ble løsningene filtrert gjennom et «Whatman»-mikrofiber-filter ved bruk av vakuumpumpe. Løsningen ble overført til en 10 ml målekolbe, og fortynnet med destillert vann opp til 10 ml merket. Dette ble filtrert gjennom et filter med porestørrelse 0,22 μm , før det ble fortynnet 1:500 (100 μl prøve + 5 ml destillert vann). Det ble overført 203 μl av den fortynnede løsningen til hvert sitt hetteglass for å kunne analyseres med HPLC. Analysen ble utført av Siri Stavrum, ingeniør ved Institutt for bioteknologi og matvitenskap.

2.6 Tillaging av tareekstrakt

Det ble veid inn 0,5 gram av prøvene (tørket og kvernet) i hvert sitt sentrifugerør (15 ml) og tilsatt 10 ml destillert vann. Prøven ble blandet godt med en virvelmikser (vortexer) og satt på benken i 10 minutter. Prøven ble sentrifugert ved 2500 g i minutter ved bruk av ThermoFisher scientific Heraeus Multiifuge X1R. Ekstraktets farge observeres i **Figur 8**. Det ferdige ekstraktet ble fryst ned til -20 °C for holdbarhet frem til analyse av frie aminosyrer og proteininnhold.



Figur 8 Ekstrakt fra Pal-1, Pal-2A og Pal-2B i rekkefølge fra venstre.

2.7 Forberedelse til analyse av frie aminosyrer med HPLC

Det ble satt opp tre paralleller med eppendorfrør til hver prøve. Én ml av det tinte ekstraktet ble tilsatt. Deretter ble 0,25 ml 10% sulfosalisylylsyre tilsatt, og prøvene ble blandet med vortexer. Prøven ble satt 30 minutter i kjøleskap og sentrifugert i 10 minutter på 10845 g. Etter sentrifugering ble det sjekket at det var blitt utfelling av alt proteinet. Det ble gjort ved å først ta 1 ml av supernatanten fra én av parallellene i et nytt eppendorfrør, og tilsette 0,25 ml 10% sulfosalisylylsyre. Røret ble vortexet og sentrifugert på nytt. Det ble igjen utfelling på alle de tre prøvene, og denne parallellen ble derfor brukt videre. Etter utfellingen ble supernatanten fortynnet 1:25 ved å bruke dobbeltdestillert vann. Den fortynnede løsningen ble filtrert gjennom et filter med porestørrelse 0.2 μm , og 205 μl ble overført til hetteglass for å analyseres med HPLC. Analysen ble utført av Siri Stavrum, ved Institutt for bioteknologi og matvitenskap. I kapittel 2.5 ble HPLC som metode beskrevet.

2.8 Forberedelse til CHNS-analyse

For bestemmelse av mengde karbon, hydrogen, nitrogen og svovel (CHNS) i prøvene, ble instrumentet «Vario EL Cube, CHNS elemental analyzer» (Vario EL Cube) benyttet. Vario EL Cube er et instrument som gjør en fullstendig forbrenning av prøven. Deretter oksideres C, N, H og S i nærvær av oksyngass, før overflødig oksygen blir redusert på en kobberkolonne, og de gjenstående gassene (CO_2 , N_2 , H_2O og SO_2) frigjøres selektivt til en detektor. Elementene separeres ut som «gass-topper» gjennom gass-selektive kolonner(24).

Før analysering ble det veid inn 4 mg tørket og kulemollet tare i små tinn-veieskip. Det ble valgt å veie inn tre paralleller av hver prøve. Som kontroll på «daglig faktor» ble det brukt tarearten *A. esculenta*, høstet 24.05.2021. Tre paralleller av Sulfanilamid ble også veid inn og

analysert som en referanse. Prøvene ble levert til Gerd Inger Sætrom (IBT), som satte prøvene på instrumentet.

I tillegg til å måle innholdet av karbon, nitrogen, hydrogen og svovel beregnes også proteininnholdet i prosent av tørrstoff ut fra mengde nitrogen i prøven. For å gjøre dette benyttes en nitrogen-til-protein-faktor som bestemmes ut fra type materiale. For eksempel brukes faktoren på 6,25 for kjøtt, basert på en antakelse om at prøven inneholder protein med 16% nitrogen og en ubetydelig mengde ikke-protein nitrogen. Tareprøver har derimot en del ikke-protein nitrogen, og det har derfor blitt tatt i bruk 3.8 som faktor (25).

2.9 Forberedelse til analyse av monosakkarider med HPAEC-PAD

Sammensetningen av monosakkarider ble analysert med «High-Performance Anion-Exchange Chromatography med Pulsed Amperimetrisk Deteksjon» (forkortet HPAEC-PAD). Denne typen kromatografi bruker en sterk anionbyttet stasjonærfase til å separere karbohydratene, ettersom de opprinnelig er svakt sure. Karbohydratene blir oksidert på overflaten ved hjelp av en gullelektrode og detektert ved at strømmen som genereres fra reaksjonen måles(26).

Før analyse av monosakkarider ble taren oppmalt til pulverform ved bruk av Retch Oscillating Mill MM400, og satt i eksikator i 24 timer. Tre paralleller av hver prøve ble preparert med metoden *Saeman hydrolyse*. Omtrent 30 mg ble veid av hver parallell i hydrolyserør (12 ml, Kimax). Eksakt vekt er oppgitt i **Tabell 2**. Det ble tilsatt 0,50 ml 72% svovelsyre (12M) i hvert rør, og prøvene ble blandet før de ble satt en time i vannbad på 30°C (prehydrolyse). Deretter ble det tilsatt 2,5 ml deionisert vann i prøvene, før de igjen ble blandet og satt på 100°C i fire timer for å hydrolysere. Prøvene ble avkjølt til romtemperatur og tilsatt 6 ml deionisert vann. Prøven sto over natten for å bli sedimentert. Det ble overført 180 µl av løsningen til eppendorfrør, før 225 µl 1M NaOH ble tilsatt for å nøytralisere prøven. Deretter ble pH målt med pH-indikator test strips til å være omtrent fire. Prøven ble fortynnet 1:25. Det ble gjort ved å først fortynne 1:10 ved å ta 100 µl prøve + 900 µl RO-vann. Deretter ble prøvene fortynnet 1:2,5 ved å ta 500 µl av den allerede fortynnede prøven + 750 µl RO-vann. Den ferdig fortynnede løsningen ble filtrert ved bruk av et filter med porestørrelse 0,2 µm, før overføring til hetteglass til analyse med HPAEC-PAD. Konsentrasjonen etter nøytralisering og fortynning kan ses i kolonnen lengst til høyre i **Tabell 2**, som viser oppsettet for analysen.

Tabell 2: Data til analyse av monosakkarider, eksakt vekt på materialet og volum tilsatt, samt fortynningsfaktor og konsentrasjon på løsningen.

										hydrolysate (ml)	0,180		
Saeman											Dilution faktor	I vials til HPAEC-PAD	
sample	Name	Sample(mg)	[H ₂ SO ₄]	oC	time (min)	H ₂ SO ₄ (ml)	MQ (ml)	MQ after	1M NaOH (ml)	C (mg/L)		C (mg/L)	
	Pal-1-a	30,87	2	100	240	0,5	2,5	6,0	0,225	1524,444	25	60,98	
	Pal-1-b	29,98	2	100	240	0,5	2,5	6,0	0,225	1480,494	25	59,22	
	Pal-1-c	30,23	2	100	240	0,5	2,5	6,0	0,225	1492,840	25	59,71	
	Pal-2A-a	30,55	2	100	240	0,5	2,5	6,0	0,225	1508,642	25	60,35	
	Pal-2A-b	30,9	2	100	240	0,5	2,5	6,0	0,225	1525,926	25	61,04	
	Pal-2A-c	29,94	2	100	240	0,5	2,5	6,0	0,225	1478,519	25	59,14	
	Pal-2B-a	30,75	2	100	240	0,5	2,5	6,0	0,225	1518,519	25	60,74	
	Pal-2B-b	29,86	2	100	240	0,5	2,5	6,0	0,225	1474,568	25	58,98	
	Pal-2B-c	29,81	2	100	240	0,5	2,5	6,0	0,225	1472,099	25	58,88	

Prøvene ble analysert på Dionex ICS 5000 (Thermo Scientific) med følgende oppsett: hovedkolonne (sterk anionbytter 4 x 250 mm CarboPac SA10) og forkolonne (4. x 50 mm SA10). Analysen ble utført av Synnøve Strand Jacobsen (IBT).

2.10 Bestemmelse av protein-innhold med LOWRY metode

LOWRY-metoden er en kolorimetrisk metode for måling av proteiner. Reaksjonen i LOWRY-metoden foregår i to trinn, hvor det først skjer en Biuretreaksjon, før Folin-reagenset som tilsettes binder seg til de aromatiske aminosyrene. Disse to kombinert gir et fargeutslag for protein, som måles på et spektrofotometer med absorbans med bølgelengde 750 nm. Her måles kun vannløselige proteiner, ikke de som er bundet opp i polysakkarider og fenoler. LOWRY-metoden er en mye brukt metode for å bestemme løselig protein. Metoden er følsom og kan også brukes til å detektere frie aminosyrer, peptider og større proteiner.

Ekstraktet som ble tillaget (beskrevet i kapittel 2.6) ble fortynnet 1:100 for at prøvene skulle havne innenfor den bestemte standardkurven for metoden. Det ble tillaget syv standarder med konsentrasjoner fra 12,5 µg/ml opp til 300 µg/ml. Se vedlegg 0 for standardkurven for metoden. Standardløsningene ble lagd fra en konsentrert løsning av Bovine Serum Albumin (BSA) på 1000 µg/ml, og fortynnet til 10 ml med dobbeltdestillert vann til riktig konsentrasjoner.

Det ble satt opp tre paralleller for hver av de tre prøvene *Pal-1*, *Pal-2A* og *Pal-2B*, med 0,5 ml fortynnet tareekstrakt i hvert rør. Det ble så tilsatt, 2,5 ml «Alkaline copper reagent» (1 ml av 1% CuSO₄ + 1 ml av 2% kalium-natrium-tartrat + 100 ml 2% Na₂CO₃ i 0,1 M NaOH), og løsningen ble mixet med en vortexer umiddelbart. Rørene ble satt i romtemperatur i nøyaktig ti minutter, før 0,25 ml «fortynnet Folin-Ciocalteu reagens» (1 del Folin-reagens + 2 deler dobbeltdestillert vann) ble tilsatt og mikset umiddelbart. Etter tretti minutter ble prøvene

overført til kyvetter, og absorbans i tareprøvene samt en blank-prøve ble avlest med bølgelengde 750 nm.

2.11 ICP-MS utført av SINTEF

ICP-MS står for «Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry». Analysemetoden bestemmer sammensetningen av metaller i en prøve, og brukes ved lave konsentrasjoner, for eksempel for å finne uønskede metaller i mat- og drikkeprøver. Den kan brukes for å finne de aller fleste grunnstoffene i periodesystemet. Metoden kan brukes alene eller som en detektor i gasskromatografi eller HPLC. ICP er en ionekilde (ofte sammensatt av argongass) som omgjør stoff i prøvene til sine grunnstoff. Grunnstoffene blir omgjort til ioner, og målt ved at energi tilføres(27).

Tørket og oppmalt tare ble brukt for ICP-MS. Analysen ble utført av SINTEF Industri. Resultatet er lagt som vedlegg i **6.1.5**, og resultatet fra Jod(I) er presentert i kapittel **3.8**.

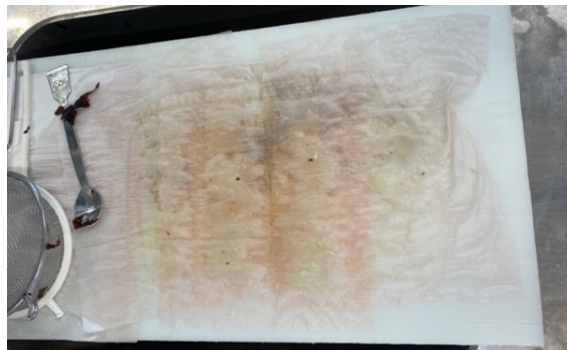
3 Resultater

3.1 Biomassen

Hele biomassen av den viltvoksende *P. palmata* ble veid til å være $\approx 1,1$ kg. Fargen på materialet var rødbrunt, og lukten etter tining hadde preg av fisk. Materialet til *Pal-1* er vist i **Figur 9**, før og etter tining. Da taren var tint ble det observert at væsken var av rødlig farge (**Figur 10**).



Figur 9 Viltvoksende *P. palmata* (*Pal-1*), høstet 17.04.2017, «*Pal-1*». Bildet viser biomassen før og etter tining.



Figur 10: Rødlig væske fra tining av viltvoksende *P. palmata* (*Pal-1*)

Det ble i tillegg mottatt totalt 1,4 kg kultivert *P. palmata*. Batch A (*Pal-2A*) veide 750 g, og Batch B (*Pal-2B*) veide 650 g. *Pal-2A* er avbildet i **Figur 11** Feil! Fant ikke referanse-kilden., og *Pal-2B* i **Figur 12**. Fargen på både Batch A og B var sterk rød, og lukten av fisk var ikke til stede. Begge prøvene luktet friskt av saltvann.



Figur 11 Fersk *P. palmata* høstet vår 2023, "kultivert Pal-2A". Taren var mer rød i farge enn Pal-1, og luktet friskt. Det ble observert at Pal-2A hadde lange «armer». Taren hadde en frisk lukt av saltvann.



Figur 12 Fersk *P. palmata* høstet vår 2023, "kultivert Pal-2B". Pal-2B hadde kortere «armer», og var generelt mindre i størrelse sammenlignet med Pal-1 og Pal-2A. Lukten var frisk av saltvann.

Observasjonene av biomassen er oppsummert i **Tabell 3**.

Tabell 3 Observasjoner av biomassen knyttet til utseende, lukt og farge.

Prøve	Lukt	Utseende
Pal-1	Fiske-lignende lukt	Rødbrun farge, færre av lange «armer», ikke like «glatt» som de kultiverte.
Pal-2A	Frisk lukt av saltvann	Sterk rød farge, lange «armer», stor i størrelse.
Pal-2B	Frisk lukt av saltvann	Sterk rød farge, korte «armer», mindre i størrelse.

Etter oppmaling ble biomassen homogen nok for videre analyser, med unntak av CHNS-analyse og monosakkarider som krevde bruk av kulemølle i tillegg for å pulverisere materialet tilstrekkelig. Materialets konsistens i henholdsvis *Pal-1*, *Pal-2A* og *Pal-2B* etter oppmaling kan observeres i **Figur 13**.



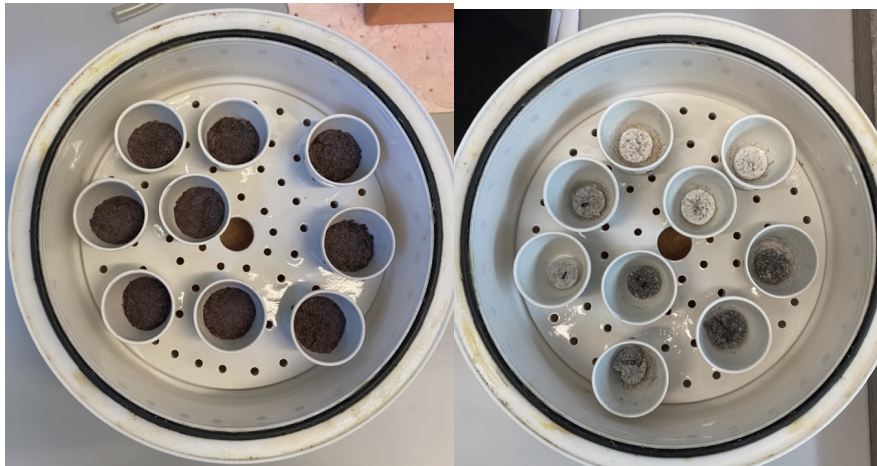
Figur 13 *Pal-1* (f.v.), *Pal-2A* og *Pal-2B* etter oppmaling.

Materialet ble veid før og etter frysetørking og oppmaling. En tabell med eksakt vekt og tap av masse i gram er vedlagt i **kapittel Feil!** Fant ikke referansekilden..

3.2 Ingen store forskjeller i vann-, tørrstoff- og askeinnhold

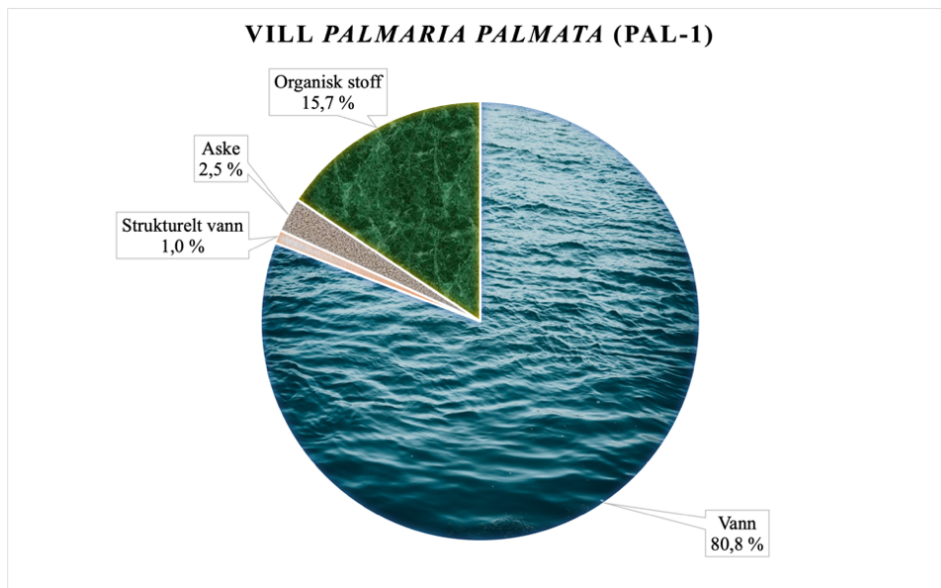
Analyse av vann-, tørrstoff-, og askeinnhold ble utført for å vurdere blant annet prøvens ernæring og kvalitet, og for å se om innholdet er likt i viltvoksende *P. palmata* som i kultivert *P. palmata*.

For bestemmelse av vanninnhold ble det beregnet vekt i gram før og etter frysetørking. Resultatet ble beregnet i prosent av total masse av materiale. Vanninnholdet er beregnet ut fra veiing av total masse mottatt fra hver av prøvene. Tørrstoff og askeinnhold er beregnet ved å ta ut en fast mengde oppmalt, homogent materiale, og det er gjort antakelse om resultatet av den uttrukne andelen tilsvarer resultatet i hele massen. Strukturelt vann er det vannet som ikke ble fjernet under frysetørking, men som trekkes ut ved tørking i varmeskap. For innhold av strukturelt vann ble det benyttet vekt av oppmalt materiale før og etter tørking i 105 °C. Resultatene fra veiing er vedlagt i **kapittel** Feil! Fant ikke referanse-kilden.. Tørrstoffets utseende før og etter askeovn er presentert i **Figur 14**. Mengde tørrstoff tilsvarer summen av mengde strukturelt vann, aske og organisk stoff.

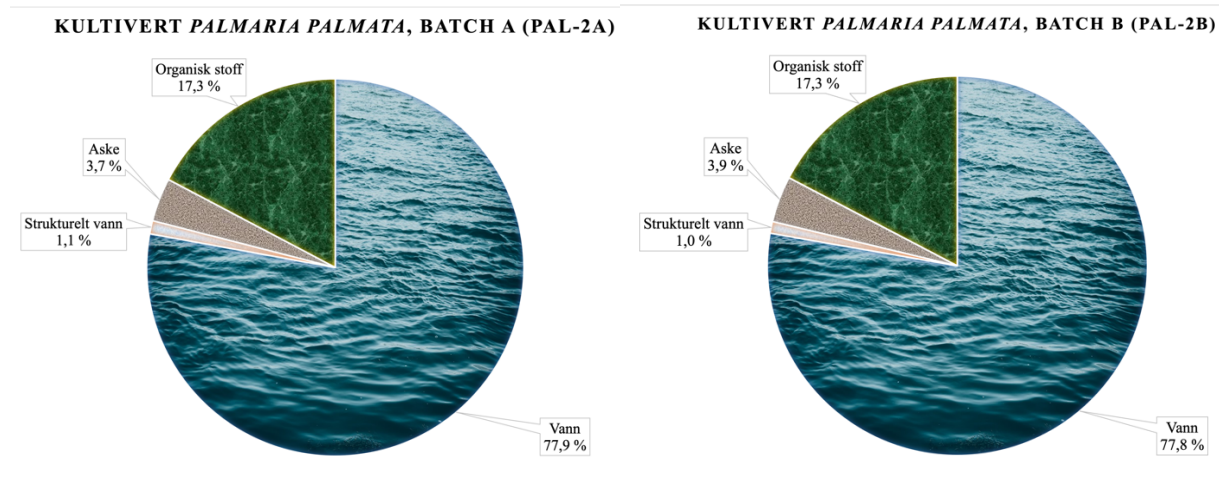


Figur 14: *Pal-1, Pal-2A og Pal-2B* før og etter askeovn. Her er prøvene plassert i en eksikator.

For å gi en visuell forståelse av vann- og tørrstoffinnhold i *P. palmata* presenteres resultatene tre sektordiagram, se **Figur 15** og **Figur 16**. Alle innveiinger for beregning av resultatet er vedlagt på s. 46.



Figur 15 Resultat fra bestemmelse av vanninnhold, tørrstoff og aske for Pal-1, oppgitt i prosent av total masse.



Figur 16: Innhold av vann, strukturelt vann, aske og organisk stoff i Pal-2A og Pal-2B, oppgitt i prosent av total masse.,

Figur 15 representerer Pal-1. Diagrammet viser at Pal-1 består av 80,8% vann, og dermed 19,2% tørrstoff. Pal-1 har 1,0% strukturelt vann, 2,5% aske og 15,7% organisk stoff. Vanninnholdet er høyere i Pal-1 enn i Pal-2A og Pal-2B som er presentert i **Figur 16**. Innholdet i Pal-2A er 77,9% vann, 1,1% strukturelt vann, 3,7% aske og 17,3% organisk stoff. Tørrstoffmengden er 22,1%. Pal-2B har et vanninnhold på 77,8% og tørrstoff på totalt 22,2% er fordelt på 1,0% strukturelt vann, 3,9% aske og 17,3% organisk stoff.

Innhold av organisk stoff og aske er lavere for Pal-1 enn i de kultiverte prøvene (Pal-2A og Pal-2B). Prøvene Pal-2A og Pal-2B har tilnærmet lik fordeling av organisk stoff, strukturelt

vann og aske. Alle analyser gjort videre i oppgaven er gjort fra tørrstoff-materialet. Resultatene er derfor oppgitt som andel av tørrstoff, enten i prosent eller i eksakt verdi, og ikke som andel av hele massen.

3.3 Høyest innhold av nitrogen, karbon, hydrogen og svovel i prøve fra viltvoksende *P. palmata*

For å detektere innholdet av elementene karbon, hydrogen, nitrogen og svovel ble CHNS-analyse utført på instrumentet Vario EL Cube av Gerd Inger Sætrum. CHNS-deteksjon gjøres fordi innholdet av disse stoffene er interessante for næringsinnholdet i taren, spesielt med tanke på tare i mat. Resultatet er presentert i **Tabell 4**, og elementene er oppgitt i prosent av tørrstoff. Rådata fra CHNS-analysen er vedlagt på s. 42.

Tabell 4 Relativt innhold av nitrogen (N), karbon (C), svovel (S) og hydrogen (H) i Pal-1, Pal-2A og Pal-2B analysert på Vario El Cube. Resultatet er gjennomsnittet av tre paralleller av hver prøve, og er oppgitt i prosent av tørrstoff.

Prøve	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]
<i>Pal-1 (viltvoksende)</i>	4,22	39,15	6,12	0,60
<i>pal-2a (kultivert A)</i>	2,31	35,45	5,74	0,36
<i>pal-2b (kultivert B)</i>	3,21	37,63	6,06	0,45

Resultatene viser at prøven *Pal-1* har høyest innhold av både nitrogen (4,22%), karbon (39,15%), hydrogen (6,12%) og svovel (0,60%). Lavest innhold av elementene er detektert i prøven *Pal-2A* som består av 2,31% nitrogen, 35,45% karbon, 5,74% hydrogen og 0,36% svovel. *Pal-2B* ligger mellom de to andre i innhold av elementene. Den består av 3,21% nitrogen, 37,63% karbon, 6,06% hydrogen og 0,45% svovel.

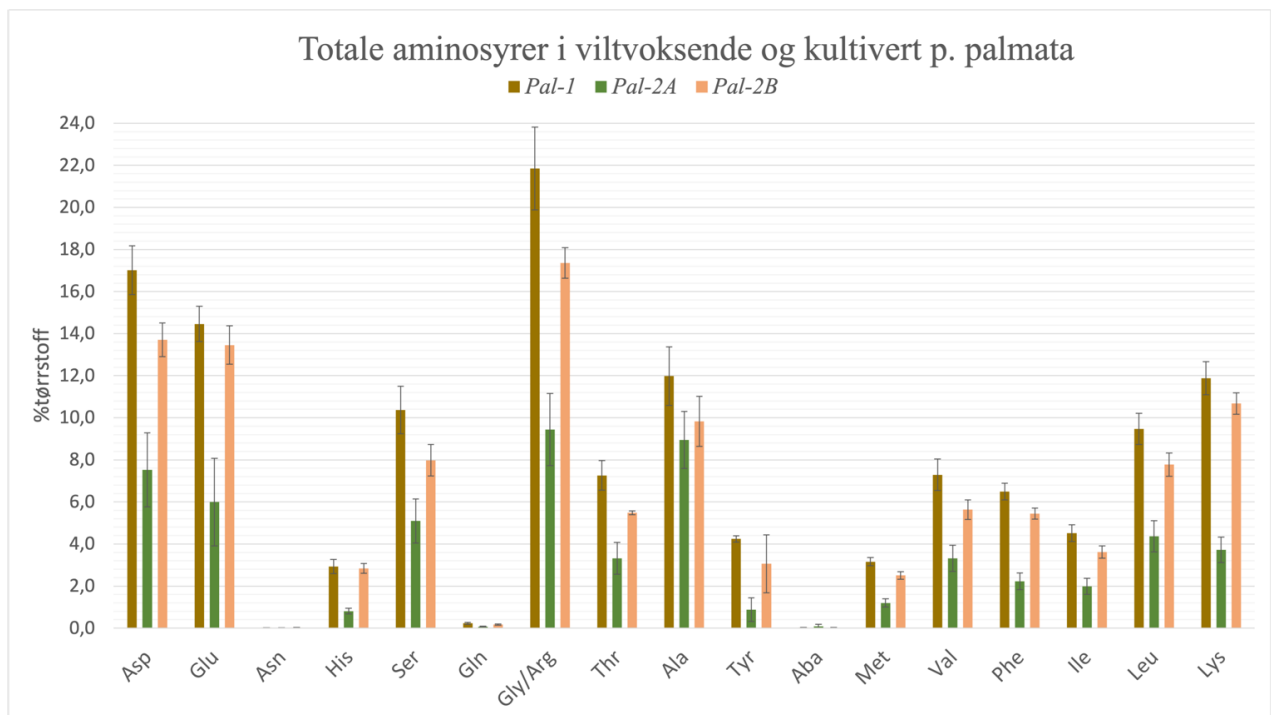
Et høyere innhold av nitrogen, karbon, hydrogen og svovel har blitt detektert i prøven fra viltvoksende *P. palmata* enn i prøvene fra kultivert *P. palmata*.

3.4 Innholdet av totale aminosyrer er høyest i prøven fra viltvoksende *P. palmata*

Totale aminosyrer er bundne aminosyrer. Analysen er gi et mål på total mengde protein, som er viktig for å detektere næringsinnholdet i prøvene. Innholdet av karbohydrater er viktig særlig innen matindustrien, men også med tanke på produksjon av bioraffinering(28).

Metoden som ble brukt var HPLC, som er en type kromatografi (se **kapittel 2.5**). Analysen ble gjort på prøvene *Pal-1*, *Pal-2A* og *Pal-2B* for å se på forskjellen mellom viltvoksende og kultivert *P. palmata*.

Det ble analysert 17 ulike aminosyrer: Asparaginsyre (Asp), Glutaminsyre (Glu), Asparagin (Asn), Histidin (His), Serin (Ser), Glutamin (Gln), Glysin/Arginin (Gly/Arg), Treonin (Thr), Alanin (Ala), Tyrosin (Tyr), Aminosmørsyre (Aba), Metionin (Met), Valin (Val), Fenylalanin (Phe), Isoleucin (Ile), Leucin (Leu) og Lysin (Lys). Resultatet er presentert i et stolpediagram i **Figur 17**, som viser sammenligningen av viltvoksende *P. palmata*, kultivert *P. palmata* Batch A og kultivert *P. palmata* Batch B. Resultatet er oppgitt i % av tørrstoff, beregnet fra et volum på 10 ml og en fortytning på 1:50. Fortyntingen er en potensiell feilkilde, se diskusjonsdel.

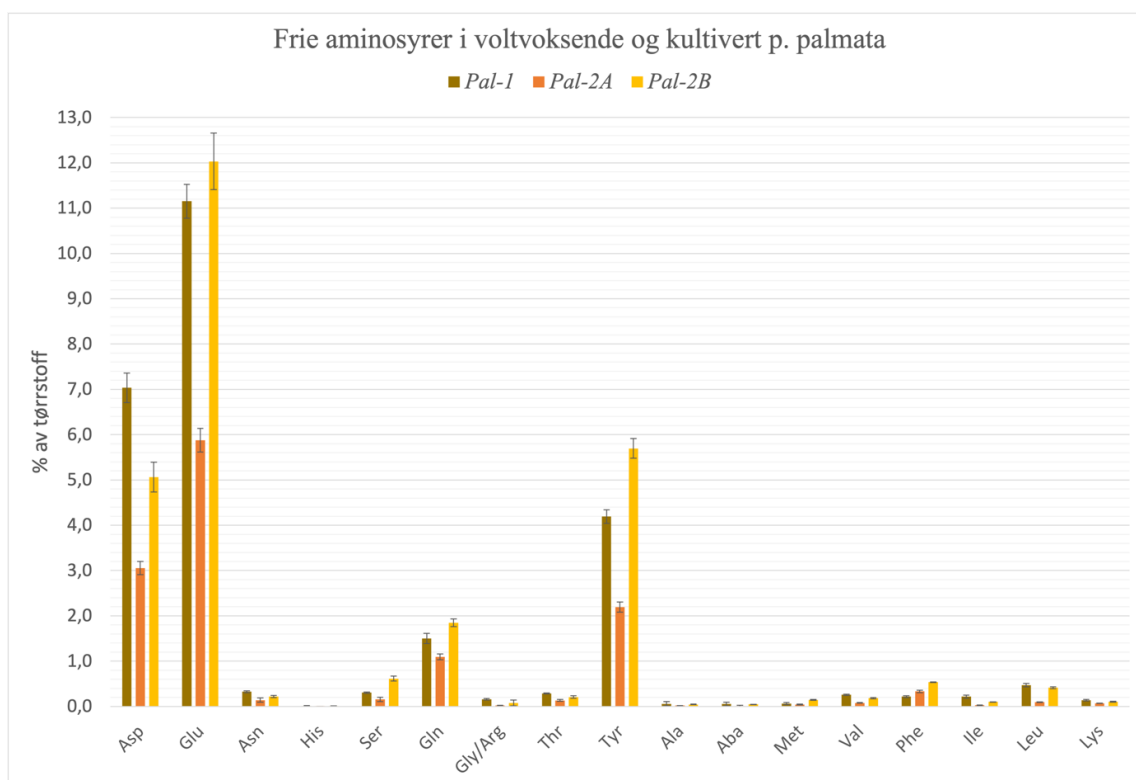


Figur 17: Bestemmelse av totale aminosyrer i *P. palmata*, h.h.v. *Pal-1* (viltvoksende), *Pal-2A* (kultivert, Batch A) og *Pal-2B* (kultivert, Batch B). Resultatet er oppgitt i % av tørrstoff. Øverst på hver stolpe er \pm ett standardavvik oppgitt.

Det er detektert et høyere innhold i *Pal-1* enn i *Pal-2A* og *Pal-2B* for alle 17 aminosyrer. I *Pal-2A* er innholdet lavest. Det er tilnærmet ingenting av aminosyrene asparagin, glutamin eller aminosmørsyre i de tre prøvene av *p. palmata*. Det legges merke til et høyt innhold av glysin, asparaginsyre og glutaminsyre.

3.5 Høyt innhold av glutaminsyre i kultivert *P. palmata* Batch B knyttes til umamismak

Det ble gjort analyse av frie aminosyrer med metoden HPLC (se **kapittel 2.5**). Frie aminosyrer er særlig knyttet til smak og innhold av proteiner (sammen med totale aminosyrer). Glutamin er forbundet med den femte smak, umami. Umamismaken er av interesse for matindustrien som smaksforsteker. Resultatet fra HPLC er presentert i et stolpediagram i **Figur 18**. Resultatet er oppgitt i prosent av tørrstoff, beregnet fra et volum på 1 ml og en fortykning på 1:25. Rådata er vedlagt på s. 41.



Figur 18: Bestemmelse av frie aminosyrer i *P. palmata*, h.h.v. Pal-1 (viltvoksende), Pal-2A (kultivert, Batch A) og Pal-2B (kultivert, Batch B). Resultatet er oppgitt i % av tørrstoff. Øverst på hver stolpe er \pm ett standardavvik oppgitt

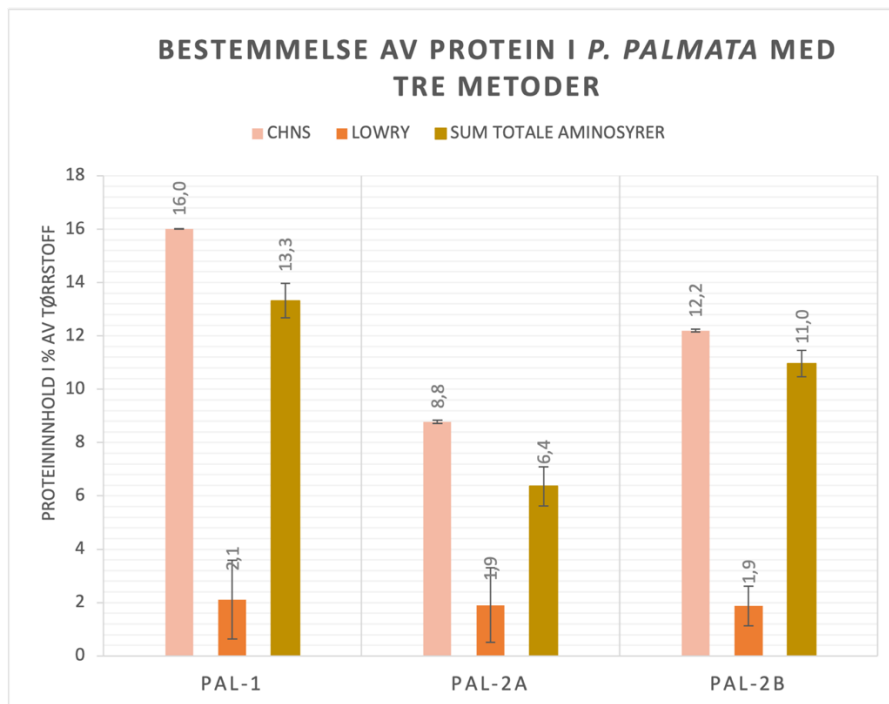
Aminosyrene asparaginsyre, glutaminsyre og tyrosin er de som har høyest andel frie i forhold til bundne aminosyrer. Det legges merke til et høyt innhold av glutaminsyre i *Pal-2B*.

Glutamin og asparagin er sure aminosyrer, og er forbundet med den typiske umamismaken.

Det ble detektert et høyere innhold av glutaminsyre i prøven fra kultivert *P. palmata* Batch B enn i Batch A. Prøven fra viltvoksende *P. palmata* har høyere konsentrasjon av asparaginsyre enn de kultiverte prøvene, men har lavere innhold av glutaminsyre enn Batch B.

3.6 Proteininnholdet kultivert *P. palmata* er noe lavere enn i viltvoksende *P. palmata*

Det ble brukt tre ulike metoder for å detektere protein-innholdet i *P. palmata*. LOWREY, som er en kolorimetrisk metode, CHNS som er en elementanalyse, og summen av de totale aminosyrene. Ved å bruke LOWRY-metoden ble mengde løselig protein detektert med omregning til konsentrasjon fra absorbans. Fra CHNS-analysen ble alt protein i prøven beregnet ut fra nitrogen, med antakelse om at nitrogen-protein faktoren er 3.8. Totale aminosyrer er bestemt med HPLC. Metodene kan derfor ikke sammenlignes direkte, men en kan se på forholdet mellom vannløselige proteiner i forhold til bundne proteiner slik som membranproteiner. Resultatet fra de tre metodene er presentert i et stolpediagram som prosent av tørrstoff i **Figur 19**. Rådata for proteinanalyse er vedlagt på s. 41, 42 og 46. Figuren viser resultatet for hver av prøvene *Pal-1*, *Pal-2A* og *Pal-2B*.



Figur 19: Estimert proteininnhold med tre ulike metoder: CHNS, LOWRY-proteinanalyse og sum av totale aminosyrer. Resultatet er oppgitt i prosent av tørrstoff. Resultatene er presentert som et gjennomsnitt av tre paralleller for hver prøve, og øverst på hver stolpe er \pm ett standardavvik oppgitt. Standardavviket for sum av totale aminosyrer er et gjennomsnitt av standardavviket fra alle aminosyrene hver for seg.

Ved å se på forskjellen mellom protein beregnet fra nitrogen og protein detekterte med LOWRY-proteinanalyse, kan det konkluderes med at det er en større andel bundne proteiner enn vannløselige. Det er detektert 16,0% protein ut fra nitrogenmengden (CHNS-metode) i *Pal-1*. Det er et høyere innhold enn i både *Pal-2A* og *Pal-2B*, som har henholdsvis 8,8% og 12,2% fra CHNS. Ved å summere de totale aminosyrene og omregne til % av tørrstoff ble

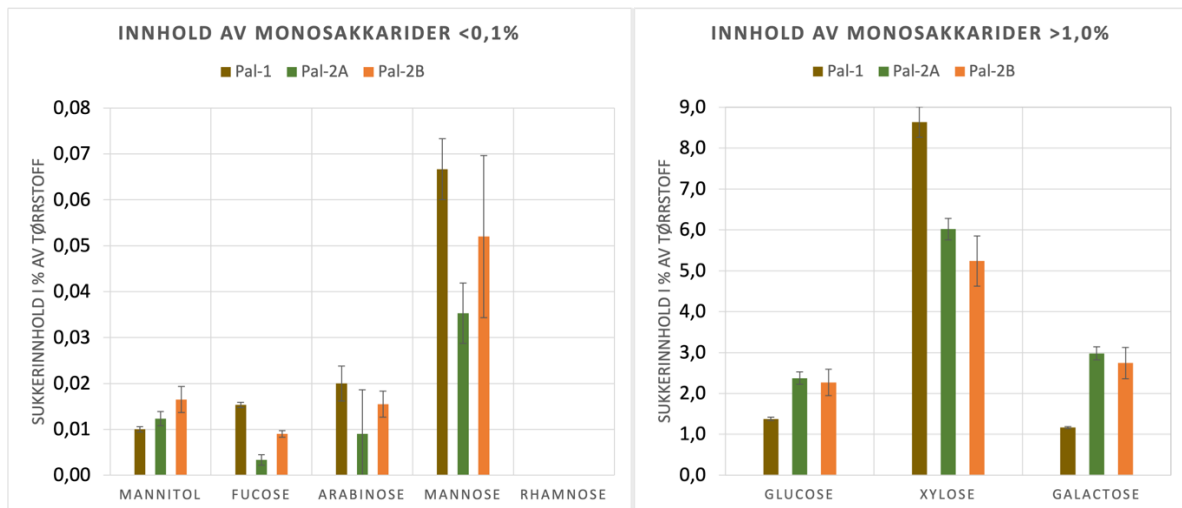
proteininnholdet 13,3 % for Pal-1, 6,4 % for Pal-2A og 11,0 % for Pal-2B. Standardavviket er oppgitt som et gjennomsnitt av \pm ett standardavvik for hver aminosyre fra resultatet i **kapittel 3.4**.

Proteininnholdet i viltvoksende *P. palmata* er ut fra samtlige metoder høyere enn i prøvene fra kultivert *P. palmata*. Av de to prøvene fra kultivert *P. palmata* har Batch B høyest proteininnhold.

3.7 Monosakkarid-bestemmelse med HPAEC-PAD viser høyt xyloseinnhold i *P. palmata*

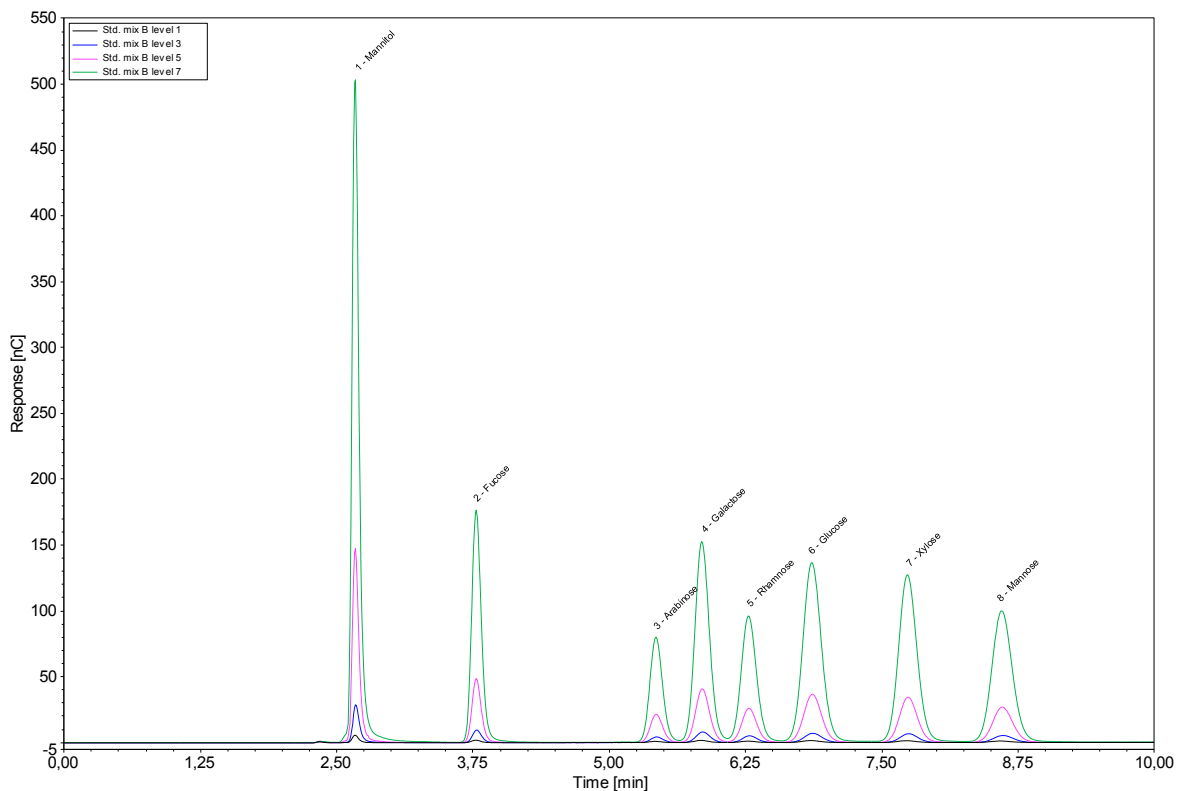
Prøvene ble analysert med HPAEC-PAD for å detektere innholdet av monosakkaridene mannitol, fucose, arabinose, mannose, rhamnose, glukose, xylose og galaktose. Analysen er utført for å se på ulikheter i monosakkarider hos prøvene *Pal-1*, *Pal-2A*, *Pal-2B* ut fra deres vekstmiljø. Monosakkarider er grunnlaget for større karbohydrater som blant annet cellulose, og ved å se på innholdet i tare kan man få innsikt i hvordan celleveggen er oppbygd i tillegg til næringsinnholdet i taren(29).

Resultatene fra analysen av *Pal-1*, *Pal-2A* og *Pal-2B* er vist i prosent av tørrstoff i stolpediagram i **Figur 20**. Figuren er delt i to, og representerer monosakkaridene av lavest innhold til venstre og de med høyest innhold til høyre. Resultatet av glukose, xylose og galaktose er så mye høyere enn de andre monosakkaridene at de ble plassert i et eget diagram med høyere Y-akseverdi for å gjøre de små verdiene leselig. I diagrammet til venstre er y-aksen satt fra 0,0 til 0,08%, og i det til høyre er y-aksen satt fra 0,0 til 9,0%. Øverst på hver stolpe er \pm ett standardavvik oppgitt, basert på tre paralleller av hver prøve.

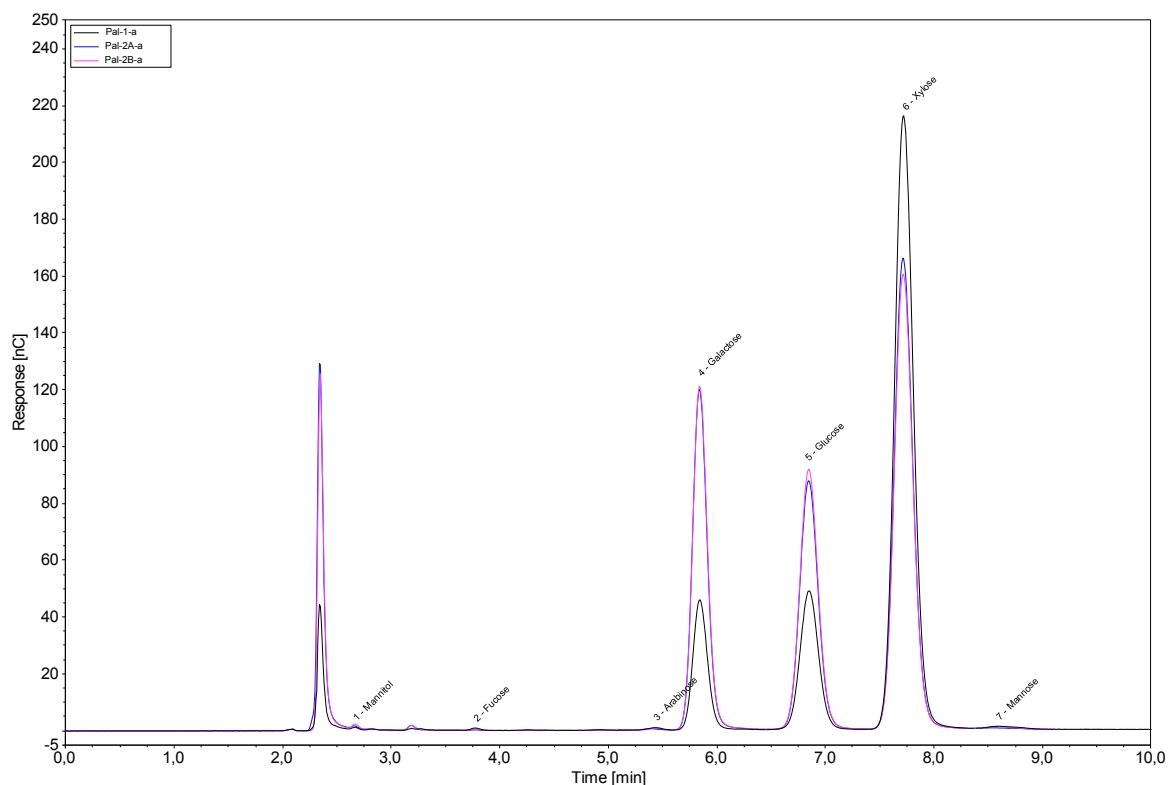


Figur 20: Innhold av de ulike monosakkarider i Pal-1, Pal-2A og Pal-2B, detektert med HPAEC-PAD. Resultatet er oppgitt i prosent av tørrstoff. For glukose, xylose og galaktose er eget diagram opprettet, hvor y-aksen er justert, på grunn av for høye verdier til at monosakkaridene av lavere innhold kunne avleses i samme stolpediagram. Øverst på hver stolpe er \pm ett standardavvik oppgitt, beregnet ut fra tre paralleller for hver prøve. For «Pal-2B» er kun to paralleller benyttet på grunn av «Instrument error» for den éne parallellen «Pal-2B-C», og SD er derfor beregnet ut fra kun to paralleller.

Figur 21 viser standarder for monosakkarider med HPLC. I tillegg er kromatogrammet fra HPAEC-PAD presentert i **Figur 22**. viser Pal-1 i sort strek, Pal-2A i blå strek og Pal-2B i rosa strek. X-aksen er retensjonstiden, og y-aksen er responsen. Den første toppen er en salttopp som kommer av at bufferen inneholder salt.



Figur 21 Kromatogram for standarder, analyse av monosakkarider i tare med HPLC. X-aksen viser retensjonstiden i minutter, og y-aksen viser responsen.



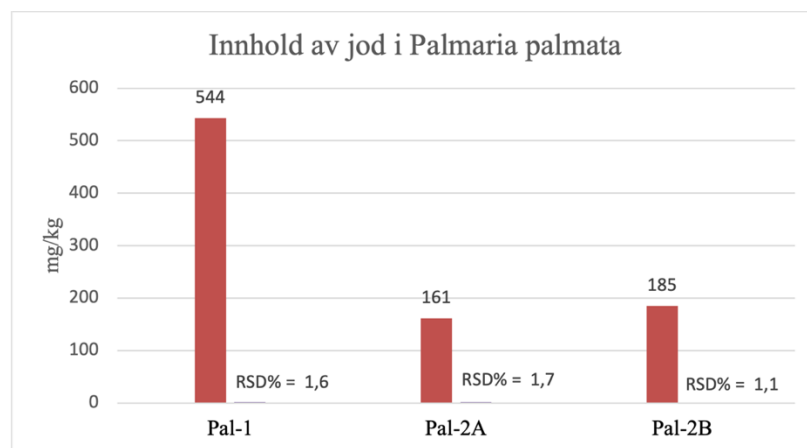
Figur 22 Kromatogram fra HPAEC-PAD-metode for bestemmelse av monosakkarider i *P. palmata*. Figuren viser *Pal-1* (parallel *a*) i sort strek, *Pal-2A* (parallel *a*) i blå strek og *Pal-2B* (parallel *a*) i rosa strek. X-aksen er retensjonstiden, og y-aksen er responsen. Den første toppen er en salttopp som kommer av at bufferen inneholder salt.

I kromatogrammet for standardene ser vi at toppen for rhamnose kommer rett etter galaktose, før glukose. Rhamnose har ikke kommet ut som en egen topp i kromatogrammet fra prøvene fra *P. palmata*. Det ble konkludert med at det ikke var nok rhamnose i prøvene til å måle innholdet. Det er betydelig høyere mengder av monosakkaridene glukose, xylose og galaktose i alle tre prøvene. Av de tre prøvene er *Pal-1* den med høyest innhold av xylose, mannose, arabinose og fucose, og lavest innhold av mannitol, glukose og galaktose. Mellom de to kultiverte prøvene har *Pal-2B* høyere innhold av mannitol, fucose, arabinose og mannose. Når det gjelder glukose, xylose og galactose har derimot *Pal-2B* høyere innhold enn *Pal-2A*.

Monosakkarid-bestemmelse med HPAEC-PAD viser høyest innhold av xylose i prøvene fra både viltvoksende og kultivert *P. palmata*. Det er lite av monosakkaridene rhamnose, fucose og mannitol i prøvene. Mellom de to kultiverte prøvene er det størst forskjell i innhold av fucose, arabinose og mannose. Rådata for monosakkarid-analyse med HPAEC-PAD er vedlagt på s. 43.

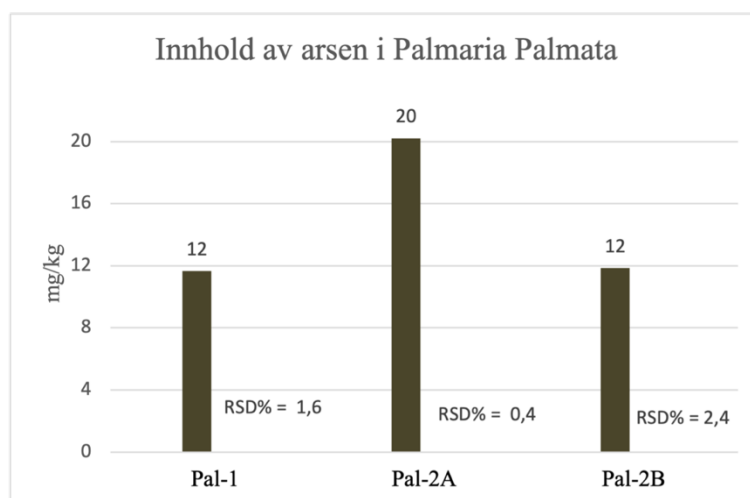
3.8 ICP-MS-analyse viser positivt resultat med lavt jod-innhold i kultivert *P. palmata*

SINTEF har utført induktivt koblet plasmamassespektrometri (ICP-MS) av de tre prøvene Pal-1, Pal-2A og Pal-2B. Analysen er utført for å kartlegge grunnstoffer i taren, for å se om høyt inntak kan være helsefarlig. *P. palmata* er også kjent for å akkumulere kadmium(30). Det er valgt å fremheve resultatet av jod(I), kadmium (Cd) og arsen (As)-innhold, på grunn av stoffenes helserisiko ved høyt inntak. Rådata fra hele ICP-MS-analysen er vedlagt på s. 45. Materialet ble overlevert til SINTEF Industri etter frysetørking og oppmaling. Prøveresultatet fra jod, kadmium og arsen er presentert i hvert sitt stolpediagram i **Figur 23**, **Figur 23**, og **Figur 25**



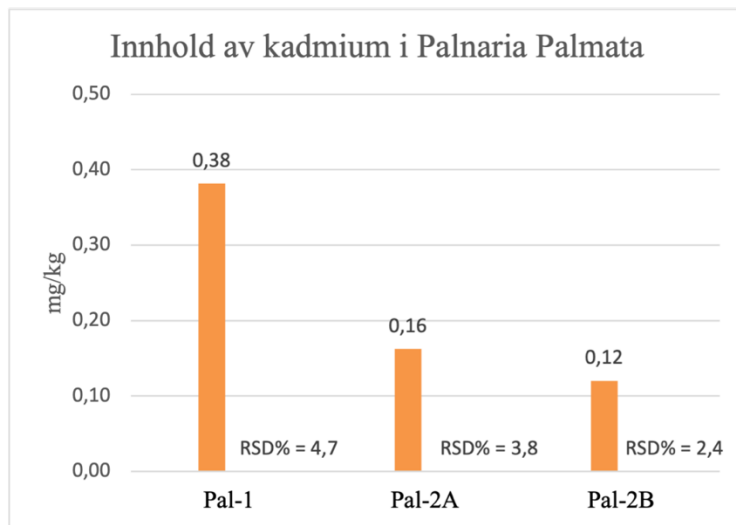
Figur 23 ICP-MS for innhold av Jod(I) i Pal-2A, Pal-2B og Pal-1 er oppgitt i mg/kg tørrstoff. Relative Standard Deviation (RSD) er presentert i prosent ved siden av sin respektive stolpe.

Det er detektert et høyere jod-innhold (544 mg/kg tørrstoff) i viltvoksende *P. palmata* (Pal-1) enn i de kultiverte. Det er minst jod i kultivert Palmaria 2A (Pal-2A), som har et innhold på 161 mg/kg. I Palmaria 2B (Pal-2B) er det detektert 185 mg/kg jod.



Figur 24 ICP-MS for innhold av Arsen (As) i Pal-2A, Pal-2B og Pal-1 oppgitt i mg/kg tørrstoff, med RSD i prosent presentert ved siden av sin respektive stolpe.

Innholdet av arsen (**Figur 24**) er høyest i *Pal-2A*, som har 20 mg/kg tørrstoff. Det er 12 mg/kg i både *Pal-2B* og *Pal-1*.



Figur 25 ICP-MS for innhold av kadmium (Cd) i *Pal-2A*, *Pal-2B* og *Pal-1* oppgitt i mg/kg tørrstoff, med RSD i prosent presentert ved siden av sin respektive stolpe.

Når det gjelder kadmium har *Pal-1* over dobbelt så høyt innhold (0,38 mg/kg) som *Pal-2A* og *Pal-2B*. I *Pal-2A* er det detektert 0,16 mg/kg, og i *Pal-2B* er det detektert 0,12 mg/kg.

Grensen for anbefalt inntak av jod i kosten før det er helseskadelig ble definert i innledningen til 0,6 mg. Ut fra dette tallet er det beregnet fra at en kan innta 1,1 g tørrstoff av viltvoksende *p. palmata*. Av de kultiverte *p. palmata* kan en ifølge den gitte grensen innta 79,6 g tørrstoff før det er helseskadelig av Batch A, og 14,6 g av Batch B. Resultatet er beregnet fra ICP-MS + tørrstoff-innhold for hver av prøvene.

Gjennomsnittlig kroppsvekt for aldersgruppen 45-54 år i Norge er 82,2 kg, i følge tall fra 2020 (31). Dersom maks anbefalt innhold av kadmium er 2,52 µg/kg kroppsvekt per uke, bør det hos en person på 82,2 kg ikke inntas over 0,03 mg kadmium daglig. For viltvoksende *p. palmata* resulterer dette i et maks inntak på 79,6 g tørrstoff før det er skadelig. Høyst inntak av *p. palmata* før det er skadelig kan en ha fra Batch B den kultiverte prøven; 253,4 g. For Batch A ble det funnet at en kan innta maks 190,0 g.

Arsen i mat har ikke en definert maks grense, men den tidligere grensen på maks 15 µg/kg per uke ble i 2015 vurdert til å ikke være hensiktsmessig lengre, da den er for høy(32). Denne grensen tilsvarte at en person på 82,2 kg ikke kunne innta mer enn 0,176 mg arsen daglig før det var skadelig. Ved å ta utgangspunkt i denne grensen kan en innta maks 14,6 g tørrstoff av

den viltvoksende *p. palmata* før man overstiger grensen for arsen på 15 µg/kg per uke. Maksgrensen for de kultiverte prøvene ble beregnet til å være 8,8 g (Batch A) og 14,7 g tørrstoff (Batch B). Resultatene er også oppgitt i antall gram fersk tare (våtvekt) en kan innta. Resultatene er presentert i **Tabell 5**.

Tabell 5: Oversikt over maks dose P. palmata som kan inntas før det overgår grensen for hva som er helseskadelig med hensyn på jod, kadmium og arsen. Resultatet er oppgitt både som gram av tørrstoff og av fersk tare. For jod er maksgrensen på 0,6. mg daglig brukt i beregningen. For kadmium og arsen er kroppsvekt satt til en verdi på 82,2 kg. Et maks daglig inntak er ut fra det satt til å være 0,03 mg for kadmium og 0,176 mg for arsen.

	PAL-1		PAL-2A		PAL-2B	
	<i>Tørrstoff</i>	<i>Fersk</i>	<i>Tørrstoff</i>	<i>Fersk</i>	<i>Tørrstoff</i>	<i>Fersk</i>
JOD	1,1g	5,74g	3,7g	16,9g	3,2g	14,6g
KADMIUM	79,6g	414,67g	190,0g	860,0g	253,4g	1141,5g
ARSEN	14,6g	76,44g	8,8g	39,9g	14,7g	66,1g

Fra ICP-MS analysen trekkes det frem at det er høyest innhold av jod og kadmium i *Pal-1*, og høyest innhold av arsen i *Pal-2A*.

4 Diskusjon og konklusjon

Det kan være flere faktorer som påvirker vanninnholdet i tareprøvene etter de er høstet. En av de kan være lang eksponering for luft og romtemperatur under transport, som kan fordampe deler av vannet fra biomassen. Tare mister vann fort, da det har et høyt vanntap til luft(33). Isen fra den fryste prøven fra viltvoksende *p. palmata* ble fjernet for at det ikke skulle være for mye overskuddsvann i prøven. Vanninnholdet var omtrent tre prosent høyere enn i de kultiverte prøvene, som kan indikere at prøven hadde mer ekstra sjøvann da den ble fryst enn forventet. Ulempen ved å tine på den måten er at ved å fjerne vann er det også en risiko for at lavmolekylære stoffer som finnes naturlig i taren fjernes. Som følge av et høyere vanninnhold vil det også bli et lavere tørrstoff-innhold. Det er også viktig å påpeke at det kun er kjørt analyse av en enkelt villtare-prøve, og at resultatet ikke kan brukes som et mål på innholdet i viltvoksende *P. palmata* generelt. Til tross for at batch A og B av den kultiverte taren er dyrket under ulike vekstforhold, har de tilnærmet lik fordeling av aske, organisk stoff og strukturelt vann. Det kan bety at lys- og plass for bevegelse under vekstprosessen ikke spiller inn i stor grad på fuktigheten til taren.

Mengde mineraler kan påvirke vekst av andre organismer på tarens overflate. Et høyere CHNS-innhold i den viltvoksende *p. palmata* indikerer at miljøet rundt villtare, som har vokst i sitt naturlige habitat, er mer utsatt for påvirkning fra små krepser og andre mikroorganismer. En annen grunn kan være at viltvoksende *p. palamta* ha utviklet forsvarsmekanismer mot disse mikroorganismene. Dette kan være opphavet til den detekterte sammensetningen av CHNS. Det er likevel viktig å påpeke at resultatet baserer seg på kun én prøve viltvoksende *p. palmaria*, som gir en begrensning for forskningen.

Det totale innholdet av en aminosyre bør være summen av de frie og bundne. Et høyt glutaminsyre-innhold i forhold til glutamin kan komme av at hydrolyse med HCl vil gjøre at glutamin sin NH_2 -gruppe omdannes til en COOH -gruppe. For de totale aminosyrer vil glutamatmengden vise til summen av glutamin + glutamat. Det samme vil gjelde for aspartat, som vil inneholde asparagin i tillegg. Det er sannsynligvis forklaringen på at både glutamin og asparagin har lave verdier, mens glutaminsyre og asparaginsyre har høye. Glutaminsyre er knyttet til umami-smak i *P. palmata*. Resultatet ble beregnet med antakelse om at det er gjort en fortynningsfeil hvor det er brukt 1:50 og ikke 1:500. Det ble gjort fordi verdiene ble for høye ved å bruke 1:500. Det anbefales at dette sjekkes ved å fortynne og kjøre prøvene på

nytt, noe det ikke ble tilstrekkelig tid til i denne oppgaven. Av de frie aminosyrene er det brukt volum 1 ml og fortykning 1:25 for å omregne til prosent av tørrstoff. Av de frie aminosyrene observeres et høyt innhold av glutaminsyre i den kultiverte prøven som har vokst med lav lyseksposering og lite bevegelsesrom. Med tanke på umami-smak vil det derfor være anbefalt å kultivere slik. At alle aminosyrene har lavest innhold i Batch A, kan indikere at lagrene ikke har rukket å bygge seg opp like mye som for Batch B. Batch A med mer plass for bevegelse kan se ut til å fortsatt være i «vekstmodus» ved høstingstidspunkt, mens batch B har vært i «vedlikeholdsmodus» og bygget opp lagre lengre, i likhet med den viltvoksende taren.

Proteininnholdet ble bestemt ved bruk av tre ulike metoder. Det er kjent fra tidligere forskning at *P. palmata* inneholder mellom 9%-25% protein av tørrvekt. Prosenten varierer fra høstingstidspunkt, og er vanligvis høyest i vintersesongen (oktober-januar)(34). Det ble i denne oppgaven detektert mellom 6,4%-16,0% proteiner. Mengde protein fra LOWRY-analysen viser til det vannløselige proteinet i taren. Noe protein vil være igjen på taren og ikke bli vannløselig, som blant annet membranproteiner og større proteinkomplekser. Proteininnholdet fra CHNS er beregnet ut fra nitrogen-prosenten. CHNS tar utgangspunkt i at alt nitrogen i prøven er protein, noe som er en feil vi kjenner til, men en antakelse som blir gjort. Resultatet viser at vi har mer protein-fra-nitrogen i prøven enn vi kan gjøre rede for ved å se på summen av totale aminosyrer. Det kan være forårsaket av at andre komponenter i taren enn protein også kan inneholde nitrogen, og dermed overestimeres proteinmengden. Det er forventet å være lavest prosent protein fra LOWRY-metoden, som kun måler løselig protein. Dette samsvarer med resultatene. Summen av totale aminosyrer indikerer hele proteininnholdet i prøvene. Ved å se på sammenligningen av totale og frie aminosyrer kan man vurdere hvordan man vil bearbeide materialet før f.eks. bruk i mat. Koking eller blanchering, som er en vanlig måte å bearbeide mat på, vil gjøre at de frie aminosyrene frigis til koke/blancheringsvannet sammen med salt og andre små molekyler. Dette vil kunne gi en velsmakende buljong.

Som proteinkilde må det vurderes om *P. palmata* er mest fornuftig å koke og dampe inn, eller prøve å beholde mest mulig næring i taren. At det er mer protein i viltvoksende *P. palmata* enn i kultivert kan skyldes at proteiner fra andre organismer har festet seg på taren i det naturlige miljøet i havet, og dermed blitt detektert som en del av biomassen. En annen mulig årsak kan være at viltvoksende *P. palmata* har hatt bruk for å produsere proteiner som et

forsvar mot andre arter, eller som styrke mot blant annet bølger, mens de som har blitt dyrket i tank ikke har hatt dette behovet.

Av de to kultiverte tareprøvene er det noe mer protein i batch B som hadde mindre lys og bevegesrom enn i batch A. Det er ikke mulig å si nøyaktig hva dette skyldes, men Batch B har blitt høstet i det den var i sitt «vedlikeholdsmodus» under høstingen. Det vil si at den ikke har vokst noe mer på grunn av det begrensede bevegelsesrommet i tanken, og dermed ligger og holder seg ved like i samme størrelse (i samtale med C. Cheung, NSAS). Det kan også bety at proteinlagrene også har rukket å bygge seg opp mer enn hos Batch A, hvor taren ble høstet da den enda var i «vekstmodus». Dette kan også være en årsak til mer protein i den viltvoksende, som ble høstet i april, i forhold de kultiverte som ble høstet i mars. Batch A hadde under høsting mer plass å vokse på i tanken, og underskudd av protein er vanligvis normalt i en vekstsituasjon.

I resultatet fra monosakkarider ble det observert et betydelig høyt innhold av galaktose, glukose og xylen. Rhamnose har ikke kommet ut som en topp i kromatogrammet fra prøvene fra *P. palmata*. Ved studering av kromatogrammet var det vanskelig å se om det er antydning til rhamnose der, eller om det bare var en side-topp. Dette kan være en feilkilde for resultatet. En annen usikkerhet med metoden er at innholdet av xylose var høyere enn den høyeste standarden. Dette betyr at tallene for xylose har en større usikkerhet, og at vi ikke kan vite sikkert om metoden har beregnet nøyaktig xylose-innhold. Det kan likevel konkluderes med at innholdet av xylose er høyt, noe som er kjent fra tidligere da *P. palmata* har mye av karbohydraten xylan(35). I metoden brytes polysakkaridene i taren ned til monosakkarider. Galaktose og glukose er høyere i de to kultiverte prøvene enn i viltvoksende *P. palmata*. Høyt innhold av sukker kan knyttes til opplagring av energi. Arten *P. palmata* inneholder stoffet karragenan som er oppbygd av like mengder 3,6 anhydrogalaktose og galaktose. Under syrehydrolysen blir 3,6 anhydrogalaktose sannsynligvis omdannet til galaktose, som kan være én av årsakene til at innholdet av galaktose er høyt (i samtale med Olav Aarstad ved IBT). Mellom de to kultiverte prøvene er det størst forskjell i innhold av fucose, arabinose og mannose. Arabinose er et sukker som ofte er bundet med xylose til biopolymeren xylan. En mulig årsak til forskjellen i innholdet av arabinose er at sammensetningen av xylan (mengde inkorporert arabinose) kan bli annerledes dersom algene vokser i tanker isteden for i havet, men det kan en ikke vite for sikkert. Generelt er det liten forskjell i monosakkarider mellom de to kultiverte prøvene. Det vi vet er at *Pal-2B* har sluttet å utvikles i størrelse på grunn av

lite bevegelserom. Det vil si at den er høstet i et tidligere stadium av vekstsyklusen enn *Pal-2A*. Liten forskjell i sukkerinnholdet vil dermed bety at disse sukkerne utvikles tidlig, og dermed er til stede gjennom hele vekstprosessen. Derfor har ikke høstingstidspunkt veldig mye å si for innhold av polysakkarider.

Ved å se på sammensetning av stoffene jod, kadmium og arsen ble det vurdert hvor mye tare man kan spise av hver av de tre prøvene. Viltvoksende *P. palmata* hadde et jod-innhold på omtrentlig tre ganger så mye som hver av de to kultiverte tarene. For viltvoksende *P. Palmata* kan en ut fra analysen spise 5,74 g fersk tare før det kan være helseskadelig. Av de kultiverte derimot kan en spise 16,9 g av batch A og 14,6 g av batch B. Jod-innhold kan ofte være forbundet med lys, og lysintensiteten *kan* være en grunn til ulikheten. De to kultiverte tareprøvene har gjennom hele dyrkningsprosessen vært kontrollerte lysforhold, noe som tilsynelatende er positivt for jod-innholdet sin del. Det er også blitt nevnt at jod kan være en forsvarsmekanisme mot andre mikroorganismer i samme levemiljø. På viltvoksende *P.palmata* vil det feste seg ulike mikroorganismer som kan gi taren en større forsvarsbarriere – noe som derimot ikke vil være til stede under kultiverte forhold.

Det er gjort funn av at en kan spise mer av den kultiverte batch B som har vokst under mindre lyseksponering og mindre bevegelserom, med hensyn på kadmium. Fra fersk tare kan en spise 1141,5 g daglig før det gir helsefarlige konsekvenser, et resultat som virker høyt. Kadmium er naturlig i små mengder i jord(36), og resultatet tyder på at man kan unngå kadmium fra havbunnen i like stor grad ved å bruke kultivert *P. palmata* fremfor viltvoksende. For arsen er det den viltvoksende *P.palmata* som er «tryggest» å spise, hvor du kan spise 76,44 g fersk tare daglig før det er når grensen for hva som er skadelig. Det er likevel viktig å påpeke at grensen for hvor mye arsen som er skadelig er utdatert(32). Arsen er et halvmetall som finnes i jord, i lave konsentrasjoner. Dette gir i motsetning til kadmium ikke grunnlag for å si at stoffet kan knyttes til havbunnen, her er det taren som har vokst under kontrollerte forhold med stor plass og høy lyseksponering som har høyest innhold. En annen grunn til forskjellen i arsen-innholdet kan være at ulike arter har forskjellige opptaksmekanismer for metallioner. Det er ikke mulig å si hvorfor ut fra dataene i oppgaven, men det kan være grunnlag for videre forskning på arsen i kultivert *P. palmata*.

4.1 Konklusjon

I denne oppgaven ble det gjort karakterisering av tre ulike prøver av tarearten *P. palmata*. De tre prøvene hadde vokst under tre ulike forhold, der én prøve var fra viltvoksende tare, og to fra kultivert tare (Batch- A og B). Batch A var dyrket under høy lyseksponering og mye bevegelsesrom, mens batch B var dyrket med lavere lyseksponering og mindre bevegelsesrom. Det ble analysert kun én prøve fra hvert dyrkningsmiljø, og resultatet er derfor vurdert til å være en indikasjon, og ikke en fasit på hva som er representativt for de tre miljøene. Det ble bestemt innhold av tørrstoff og aske, hvor den viltvoksende taren totalt hadde 19,2% tørrstoff og 2,5% aske. Dette var et lavere innhold enn i de kultiverte prøvene, hvor Batch A hadde 22,1% tørrstoff og 3,7% aske, og batch B hadde 22,2% tørrstoff og 3,9% aske. Det ble også gjort analyse av proteininnhold. Beregnet ut fra totale aminosyrer hadde viltvoksende *P. palmata* 13,3% protein (tørrstoff), mens fra de kultiverte prøvene hadde Batch A 6,4% protein, og Batch B 11,0% protein. Det ble gjort analyse av monosakkarider med funn av mye xylen, galaktose og glukose i alle prøvene, og ingen særlig store forskjeller mellom de kultiverte prøvene. Det ble detektert en større mengde karbon, nitrogen, hydrogen og svovel i viltvoksende *P. palmata* enn i kultivert *P. palmata*. Fra analyse av mineraler ble det lagt vekt på innhold av jod, kadmium og arsen. Det ble detektert høyest innhold av jod og kadmium i den viltvoksende *P. palmata*, med 544 mg/kg tørrstoff jod og 0,38 mg/kg tørrstoff kadmium. Dette var nokså høyt i forhold til innholdet i de kultiverte prøvene som hadde et jod-innhold på 161 mg/kg (Batch A) og 185 mg/kg (Batch B). De hadde også mye lavere kadmium, på henholdsvis 0,16 mg/kg i Batch A og 0,12 mg/kg i Batch B. For arsen derimot, ble det funnet høyest innhold i den kultiverte prøven Batch A med 20 mg/kg, mens det var likt innhold arsen i viltvoksende som i Batch B (12 mg/kg). Målet var å kartlegge sammensetningen i kultivert *P. palmata*, og sammenligne med viltvoksende *P. palamta*.

Funnene var i hovedtrekk at det var lite av de potensielt helseskadelige stoffene jod og kadmium i kultivert *P. palmata*, men at arsen var høyere i den kultiverte taren som hadde vokst under høy lyseksponering og mye bevegelsesrom. Dette gir grunnlag for å tenke at en bør være påpasselig med lys og bevegelse under dyrking av *P. palmata*, særlig med tanke på arsen. Det ble detektert et høyt proteininnhold i både viltvoksende og kultivert *P. palmata*, Batch B. Det kan tyde på at disse vekstbetingelsene er mest optimale for å utnytte proteininnholdet i taren. Dette dyrkingsforholdet gir også høyest innhold av glutaminsyre som er knyttet til umami-smak. For sukkerinnholdet sin del spiller kultiveringsforholdet en liten

rolle. For innhold av tørrstoff og aske ble heller ikke dyrkingsforholdet vurdert til å ha så veldig stor betydning. Karakteriseringen har totalt sett gitt viktige funn om sammensetningen i de ulike prøvene av *P. palmata*, og det anbefales å gjøre videre forskning med en større mengde prøver for å verifisere dataene. Det kan konkluderes med at *P. palmata* er et råstoff som kan utnyttes mye mer i fremtiden, og har et særlig stort potensial i matvareindustrien.

4.2 Videre arbeid

Det er et ønske om å bruke det tørkede og oppmalte materialet fra oppgaven videre i et samarbeid med matforskningsinstituttet Nofima på Ås(37). Planen er at materialet kan brukes i en brødmodell hvor både sensorisk analyse og reologisk karakterisering skal anvendes.

Som et forslag til videre arbeid er det å utvide karakteriseringen med flere prøver av viltvoksende *P. palmata*. Det kan også utvides med flere betingelser for de kultiverte prøvene av *P. palmata*, og knytte det opp mot optimalisering med tanke på energiforbruk og økonomi.

5 Referanser

1. Stévant P, Schmedes PS, Le Gall L, Wegeberg S, Dumay J, Rebours C. Concise review of the red macroalga dulse, *Palmaria palmata* (L.) Weber & Mohr. *J Appl Phycol* [Internett]. 9. januar 2023 [sitert 27. mars 2023]; Tilgjengelig på: <https://doi.org/10.1007/s10811-022-02899-5>
2. Akvakulturstatistikk for alger [Internett]. Fiskeridirektoratet. [sitert 1. mai 2023]. Tilgjengelig på: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Alger>
3. Finn L. Aachmann, Gerrod Inger Sætrum. Prosjektbeskrivelse. 2023.
4. Hancke K, Broch OJ, Olsen Y, Bekkby T, Hansen PK, Fieler R, mfl. Miljøpåvirkninger av tare dyrking og forslag til utvikling av overvåkingsprogram.
5. Tareopplysningen. Tareopplysningen [Internett]. Tilgjengelig på: <https://open.spotify.com/episode/42rOqAfhGLj9QaMmaK9g0j?si=ed355292ce0d40dd>
6. Kan tang og tare brukes som kilde til jod i kosten? [Internett]. Helsedirektoratet. [sitert 14. mai 2023]. Tilgjengelig på: <https://www.helsedirektoratet.no/rapporter/vegetar-og-vegankost-eksperuttalelse-fra-nasjonalt-rad-for-ernaering/kan-tang-og-tare-brukes-som-kilde-til-jod-i-kosten>
7. Husa V, Schneider S, Langangen A, Steen H, Eilertsen M. Artsgruppeomtale Alger (Cyanophyta, Rhodophyta, Chlorophyta og Ochrophyta). Norsk rødliste for arter 2021. Artsdatabanken. [Internett]. 2021 [sitert 21. mars 2023]. Tilgjengelig på: <https://artsdatabanken.no/rodlisteforarter2021/Artsgruppene/alger>
8. Indergaard M. Tang og tare – i hovedsak norske brunalger. (1).
9. Mot en ny havnæring for tare? [Internett]. Havforskningsinstituttet. [sitert 1. mai 2023]. Tilgjengelig på: <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/fisken-og-havet-2020-5>
10. Helsedirektoratet. Utviklingen i norsk kosthold [Internett]. Oslo: Helsedirektoratet (sist oppdatert 25.januar 2023); 2019 [sitert 16. mai 2023]. Tilgjengelig på: <https://www.helsedirektoratet.no/rapporter/utviklingen-i-norsk-kosthold>
11. Biancarosa I, Espe M, Bruckner CG, Heesch S, Liland N, Waagbø R, mfl. Amino acid composition, protein content, and nitrogen-to-protein conversion factors of 21 seaweed species from Norwegian waters. *Journal of Applied Phycology*. 1. april 2017;29(2):1001–9.
12. Helsedirektoratet. Risiko for jodmangel i Norge – Identifisering av et akutt behov for tiltak.pdf [Internett]. Helsedirektoratet.no. 2016 [sitert 3. mai 2023]. Tilgjengelig på: tinyurl.com/53vww22h
13. Produkter med tang og tare har for mye jod [Internett]. Havforskningsinstituttet. [sitert 3. mai 2023]. Tilgjengelig på: <https://www.hi.no/hi/nyheter/2021/maj/produkter-med-tang-og-tare-har-for-mye-jod>
14. Duinker A, Kleppe M, Fj E, Lunestad BT. KNOWLEDGE UPDATE ON MACROALGAE FOOD AND FEED SAFETY.
15. Mattilsynet. Er det trygt å spise tang og tare? [Internett]. 2016 [sitert 11. mai 2023]. Tilgjengelig på: https://www.matportalen.no/uonskedestoffer_i_mat/tema/miljogifter/er_det_trygt_aa_spise_tang_og_tare
16. European Food Safety Authority. Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population. *EFSA Journal* 2014; 12(3):3597, 68 pp. 2014;
17. Oppdatert P. Kadmium i mat og miljø [Internett]. Folkehelseinstituttet. 2015 [sitert 15. mai 2023]. Tilgjengelig på: <https://www.fhi.no/ml/miljo/miljogifter/fakta/kadmium-i-mat-og-miljo--faktaark/>
18. M.D Guiry. Seaweed.ie :: Rhodophyta (Red Algae) [Internett]. seaweed.ie. 2023 [sitert 27. mars 2023]. Tilgjengelig på: <https://www.seaweed.ie/algae/rhodophyta.php>
19. ARTSDATABANKEN. Vis utvalg i kart | Artskart 2 [Internett]. artsdatabanken.no. 2023 [sitert 20. mars 2023]. Tilgjengelig på: tinyurl.com/2p8s674p
20. Balasubramaniam M. Veksteksperiment av makroalger med kommersiell interesse; med hovedfokus på.
21. Dyrking av søl (*Palmaria palmata*) [Internett]. SINTEF. 2015 [sitert 20. mars 2023]. Tilgjengelig på: <https://www.sintef.no/prosjekter/2015/dyrking-av-sol-palmaria-palmata/>
22. Fiskeridirektoratet. Tare- og algedyrking [Internett]. Fiskeridir.no. [sitert 1. mai 2023]. Tilgjengelig på: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelse/Kommersielle->

tillatelser/Andre-arter/Tare-og-algedyrking

23. eurolab. Bestemmelse av aske i matvarer [Internett]. [sitert 11. mai 2023]. Tilgjengelig på: <https://www.eurolab.net/no>
24. Organic elemental analyzer vario EL cube - Elementar [Internett]. [sitert 10. mai 2023]. Tilgjengelig på: <https://www.elementar.com/en/products/organic-elemental-analyzers/vario-el-cube>
25. Lourenço, S.O., Barbarino, E., De-Paula, J.C., Pereira, L.O.d.S. and Marquez, U.M.L. Amino acid composition, protein content and calculation of nitrogen-to-protein conversion factors for 19 tropical seaweeds. *Phycological Research*, 50: 233-241. I 2002. Tilgjengelig på: <https://doi.org/10.1046/j.1440-1835.2002.00278.x>
26. Scientific TF. Carbohydrate Analysis with HPAE-PAD.
27. Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) Information - NO [Internett]. [sitert 10. mai 2023]. Tilgjengelig på: <https://www.thermofisher.com/uk/en/home/industrial/spectroscopy-elemental-isotope-analysis/spectroscopy-elemental-isotope-analysis-learning-center/trace-elemental-analysis-tea-information/inductively-coupled-plasma-mass-spectrometry-icp-ms-information.html>
28. Bioraffinering, fra biomasse til energi, drivstoff og kjemikalier - SINTEF [Internett]. [sitert 13. mai 2023]. Tilgjengelig på: <https://www.sintef.no/ekspertise/sintef-industri/bioraffinering/>
29. Shao Z, Duan D. The Cell Wall Polysaccharides Biosynthesis in Seaweeds: A Molecular Perspective. *Front Plant Sci.* 10. mai 2022;13:902823.
30. *Palmaria palmata* - an overview | ScienceDirect Topics [Internett]. [sitert 19. mai 2023]. Tilgjengelig på: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/palmaria-palmata>
31. Abel MH. Resultater fra Den nasjonale folkehelseundersøkelsen 2020 [Internett]. 2020. Tilgjengelig på: <https://www.fhi.no/globalassets/dokumenterfiler/rapporter/2021/rapport-nhus-2020.pdf>
32. Grenseverdier arsen i mat [Internett]. www.regjeringen.no; 2015 [sitert 18. mai 2023]. Tilgjengelig på: <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2015/juli/grenseverdier-arsen-i-mat/id2434969/>
33. Shilpi Gupta, Sabrina Cox, Nissreen Abu-Ghannam. Effect of different drying temperatures on the moisture and phytochemical constituents of edible Irish brown seaweed, LWT - Food Science and Technology. I: Volume 44, Issue 5. 2011. s. Pages 1266-1272. Tilgjengelig på: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.12.022>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643810004469>)
34. *Palmaria palmata* - an overview | ScienceDirect Topics [Internett]. [sitert 19. mai 2023]. Tilgjengelig på: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/palmaria-palmata>
35. Xylan. I: Wikipedia [Internett]. 2023 [sitert 19. mai 2023]. Tilgjengelig på: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Xylan&oldid=1153023768>
36. Kadmium i mat og miljø - FHI [Internett]. [sitert 19. mai 2023]. Tilgjengelig på: <https://www.fhi.no/ml/miljo/miljogifter/fakta/kadmium-i-mat-og-miljo--faktaark/>
37. Om oss [Internett]. Nofima. [sitert 10. mai 2023]. Tilgjengelig på: <https://nofima.no/om-oss/>

6 Vedlegg

6.1 Rådata/resultater

6.1.1 «Resultat totale aminosyrer med HPLC»

No.	Peak Nam	Pal-1			Gjennomsnitt	Standardavvik	Pal-2A-1			Pal-2A-2			Pal-2A-3			Gjennomsnitt	Standardavvik	Pal-2B-1			Pal-2B-2			Pal-2B-3			Gjennomsnitt	Standardavvik	
		Amount umol/l	Amount umol/l	Amount umol/l			Amount umol/l	Amount umol/l	Amount umol/l	Amount umol/l	Amount umol/l	Amount umol/l	Amount umol/l	Amount umol/l	Amount umol/l			Amount umol/l	Amount umol/l	Amount umol/l	Amount umol/l	Amount umol/l	Amount umol/l	Amount umol/l	Amount umol/l	Amount umol/l			Amount umol/l
1	Asp	13,4890	15,1984	15,6979	14,7951	1,1584	7,2047	5,9540	9,4255				7,5281	1,7582	11,0154	12,5277	12,2149				11,9193								0,7983
2	Glu	10,2397	11,6726	11,7043	11,2055	0,8366	5,7780	4,0304	8,1634				5,9906	2,0747	9,4126	11,1479	10,7382				10,4329								0,9070
3	Asn	0,0242	0,0189	0,0169	0,0200	0,0038	0,0165	0,0159	0,0114				0,0146	0,0028	0,0185	0,0176	0,0260				0,0207							0,0046	
4	His	1,7719	2,2194	2,4212	2,1375	0,3323	0,7288	0,7329	0,9621				0,8079	0,1335	1,8126	2,1859	2,2233				2,0739							0,2271	
5	Ser	10,6788	12,1789	12,9052	11,9209	1,1354	4,7340	4,2759	6,2703				5,0934	1,0446	8,3325	9,7578	9,4258				9,1720							0,7458	
6	Gln	0,1952	0,2091	0,1274	0,1772	0,0437	0,0641	0,0916	0,0667				0,0741	0,0152	0,1007	0,1382	0,1564				0,1318							0,0284	
7	Gly/Arg	20,0782	23,0138	23,8056	22,2992	1,9637	7,9098	9,1273	11,2849				9,4406	1,7092	16,8913	18,2564	18,0010				17,7162							0,7257	
8	Thr	6,3969	7,4062	7,7560	7,1864	0,7057	2,6979	3,1003	4,1660				3,3214	0,7586	5,4715	5,4844	5,3255				5,4271							0,0882	
9	Ala	15,3578	17,1772	18,0857	16,8736	1,3891	7,8885	8,4869	10,4736				8,9497	1,3533	12,5185	14,8252	14,1977				13,8471							1,1927	
10	Tyr	2,4889	2,7757	2,5371	2,6006	0,1536	1,0802	0,2464	1,3114				0,8794	0,5602	2,6980	0,2915	2,6342				1,8746							1,3714	
11	Aba	0,0408	0,0300	0,0225	0,0311	0,0092	0,0099	0,2059	0,0173				0,0777	0,1111	0,0066	0,0162	0,0329				0,0185							0,0133	
12	Met	2,1854	2,5125	2,5299	2,4093	0,1941	1,0864	1,0917	1,4181				1,1988	0,1900	1,7135	2,0620	1,9582				1,9112							0,1789	
13	Val	6,5325	7,5712	7,9850	7,3629	0,7483	2,9402	2,9845	4,0269				3,3172	0,6150	5,1653	6,0262	5,8825				5,6913							0,4612	
14	Phe	3,9637	4,5586	4,7224	4,4149	0,3992	1,9931	2,0076	2,6810				2,2272	0,3931	3,4054	3,9141	3,7925				3,7040							0,2656	
15	Ile	3,5611	4,1158	4,3299	4,0022	0,3968	1,7466	1,7774	2,4295				1,9845	0,3857	2,8729	3,4170	3,3176				3,2025							0,2897	
16	Leu	7,5595	8,6240	8,9708	8,3848	0,7354	3,8972	3,9729	5,2267				4,3656	0,7467	6,2652	7,3489	7,0216				6,8786							0,5558	
17	Lys	8,4179	9,4979	9,9380	9,2846	0,7822	3,3596	3,3697	4,4172				3,7222	0,6021	7,7630	8,6849	8,5709				8,3396							0,5026	

Figur 26 Resultat fra analyse av totale aminosyrer med HPLC. Resultatet er tatt fra egen excel-fil fra hver parallell og satt sammen i en egen fil, med kun resultatet oppgitt i µmol/l.

6.1.2 «Resultat frie aminosyrer med HPLC»

	Resultat FAA umol/l					Resultat FA umol/l					Resultat AFA umol/l				
	Pal-1-a	Pal-1-b	Pal-1-c	Gjennomsnitt	SD	Pal-2A-a	Pal-2A-b	Pal-2A-c	Gjennomsnitt	SD	Pal-2B-a	Pal-2B-b	Pal-2B-c	Gjennomsnitt	SD
Asp	11,9645022	12,2003	12,6098	12,2582	0,3265	5,2005	5,4608	5,4377	5,3663	0,1441	8,5171	9,0735	9,0997	8,89677	0,3291
Glu	17,2354834	17,0129	17,7402	17,3295	0,3727	8,9006	9,3675	9,3341	9,2007	0,2605	18,1431	19,342	19,0596	18,84823	0,6268
Asn	0,58171383	0,5894	0,5481	0,5731	0,0220	0,1962	0,2698	0,2806	0,2489	0,0459	0,3973	0,366	0,407	0,39010	0,0214
His	0,02454332	0,0161	0,0087	0,0164	0,0079	0,0003	0,0021	0,0021	0,0015	0,0010	0,0145	0,0187	0,0122	0,01513	0,0033
Ser	0,70449254	0,8953	0,7226	0,7075	0,0139	0,3513	0,4152	0,3255	0,3640	0,0462	1,3649	1,4655	1,4477	1,42603	0,0537
Gln	2,25634255	2,3187	2,4743	2,3498	0,1123	1,649	1,7686	1,755	1,7242	0,0655	2,8195	2,9838	2,9466	2,91663	0,0862
Gly/Arg	0,32184998	0,3158	0,3491	0,3289	0,0177	0,0414	0,0517	0,0435	0,0455	0,0054	0,1689	0,0833	0,2112	0,15447	0,0652
Thr	0,56325946	0,5782	0,5591	0,5669	0,0100	0,243	0,2747	0,2799	0,2659	0,0200	0,4233	0,4366	0,3839	0,41460	0,0274
Ala	5,0325447	5,1139	5,3232	5,1565	0,1499	2,5913	2,7973	2,7642	2,7176	0,1106	6,8132	7,2229	7,1432	7,05977	0,2172
Tyr	0,18931113	0,1101	0,1972	0,1655	0,0482	0,0547	0,0516	0,0535	0,0533	0,0016	0,1186	0,131	0,1262	0,12527	0,0063
Aba	0,08423972	0,162	0,1442	0,1301	0,0407	0,0064	0,0383	0,0095	0,0181	0,0176	0,106	0,1121	0,1098	0,10930	0,0031
Met	0,06585297	0,0979	0,1125	0,0921	0,0239	0,0652	0,0758	0,0569	0,0660	0,0095	0,215	0,2309	0,2295	0,22513	0,0088
Val	0,511266	0,521	0,5373	0,5232	0,0132	0,157	0,171	0,1577	0,1619	0,0079	0,3606	0,3817	0,3827	0,37500	0,0125
Phe	0,2725359	0,3001	0,3116	0,2947	0,0201	0,4279	0,4828	0,456	0,4556	0,0275	0,7303	0,7438	0,7395	0,73787	0,0069
Ile	0,34652147	0,3869	0,4193	0,3842	0,0365	0,0515	0,0527	0,0435	0,0492	0,0050	0,1774	0,1819	0,1814	0,18023	0,0025
Leu	0,80558692	0,8215	0,8766	0,8346	0,0373	0,1687	0,1789	0,1652	0,1709	0,0071	0,7186	0,7527	0,7442	0,73850	0,0178
Lys	0,23312686	0,2056	0,2064	0,2150	0,0157	0,1081	0,1084	0,1132	0,1099	0,0029	0,159	0,172	0,1601	0,16370	0,0072

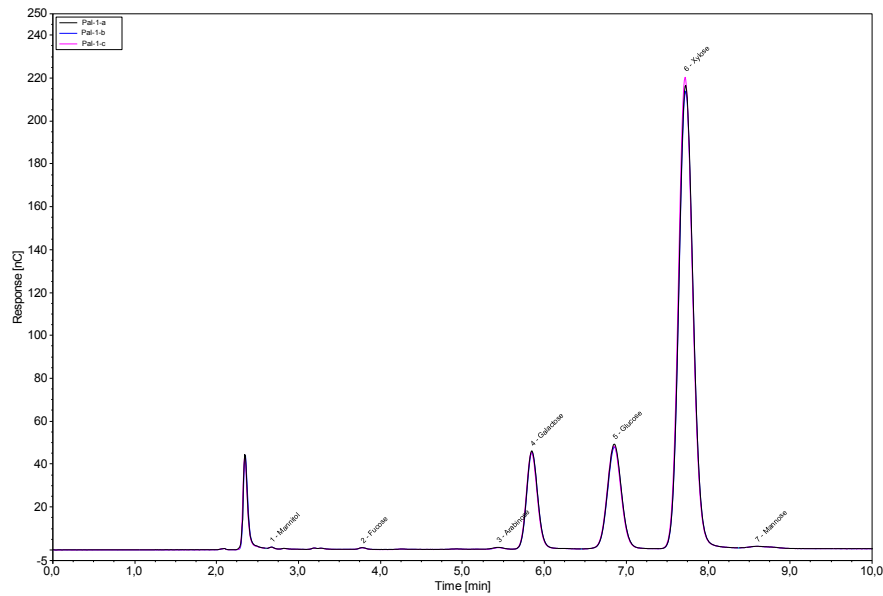
Figur 27 Resultat fra analyse av frie aminosyrer med HPLC. Resultatet er tatt fra egen excel-fil fra hver parallell og satt sammen i en egen fil, med kun resultatet oppgitt i µmol/l.

6.1.3 «Resultat CHNS»

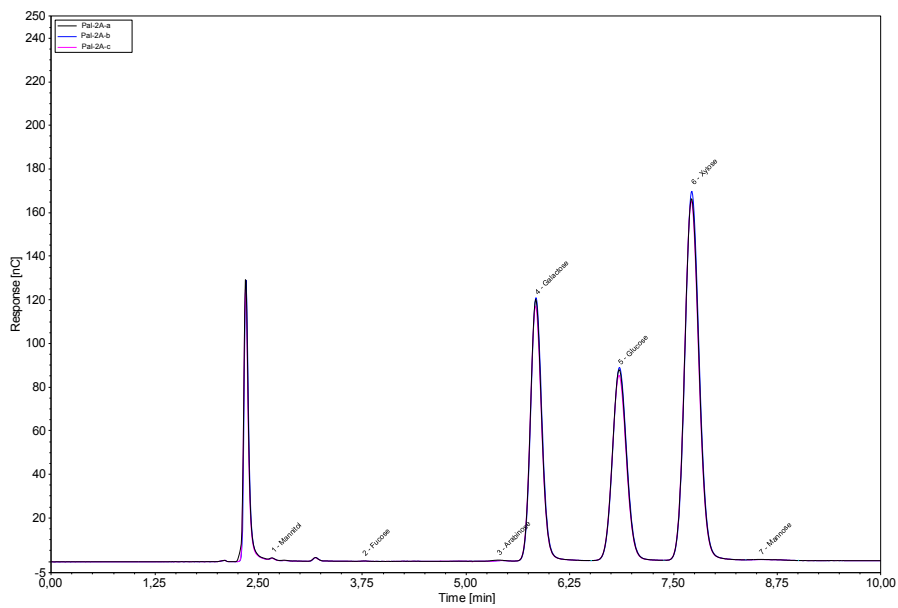
Weight [mg]	Name	Method	Moisture [%N Area]	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N Factor	C Factor	H Factor	S Factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Prot.	Facto	Prct. [%]	Memo	Info	
1	Runin	Blank with	0	946	9288	14364	0	2,59	49,59	18,518	0	15,2573	2,1264	1	1	1	1	0	0	0	0	3,8	3,8	9,86		
1	Runin	Blank with	0	46	211	354	7	0,12	0,85	0,557	0,064	7,2375	1,2953	1	1	1	1	0	0	0	0	3,8	3,8	0,447		
1	Blank	Blank with	0	9	116	231	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	9	116	231	0	3,8	3,8	0		
1	Blank	Blank with	0	13	90	144	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	13	90	144	27	3,8	3,8	0			
4,237	Runin	5mg90s	0	2806	28027	11299	314	1,99	28,11	3,49	0,706	14,1041	8,0532	1	1	1	1	0	0	0	0	3,8	3,8	7,572		
3,9805	Runin	5mg90s	0	2566	26230	11057	271	1,93	27,96	3,639	0,643	14,4653	7,6837	1	1	1	1	0	0	0	0	3,8	3,8	7,345		
4,1015	sulfamilic acid	5mg90s	0	22703	41433	13217	7301	1,93	27,96	3,639	0,643	14,4653	7,6837	1	1	1	1	0	0	0	0	3,8	3,8	6,1788		
3,8705	sulfamilic acid	5mg90s	0	21260	38882	12253	7048	16,26	41,81	4,65	18,62	2,5713	8,9914	0,9804	0,9743	1,1262	1,0493	0	0	0	0	3,8	3,8	6,1788		
3,9005	sulfamilic acid	5mg90s	0	21708	39532	12467	7246	16,26	41,81	4,65	18,62	2,5713	8,9914	0,9673	0,9655	1,1162	1,0283	0	0	0	0	3,8	3,8	16,019		
4,202	Palmaria vii (intef)	5mg90s	0	5968	39790	18016	285	4,22	39,22	6,123	0,586	9,2994	6,3954	0,9733	0,9693	1,1174	1,0502	0	0	0	0	3,8	3,8	16,003		
3,533	Palmaria vii (intef)	5mg90s	0	5580	37222	16209	218	4,22	39,06	6,085	0,553	9,264	6,4199	0,9733	0,9693	1,1174	1,0502	0	0	0	0	3,8	3,8	16,023		
4,064	Palmaria kult (SA-Batch A)	5mg90s	0	3206	34839	16178	164	2,32	35,44	5,74	0,392	15,2696	6,174	0,9733	0,9693	1,1174	1,0502	0	0	0	0	3,8	3,8	8,811		Su
3,8685	Palmaria kult (SA-Batch A)	5mg90s	0	3054	33495	15364	140	2,32	35,4	5,737	0,353	15,2671	6,1697	0,9733	0,9693	1,1174	1,0502	0	0	0	0	3,8	3,8	8,811		Su
3,898	Palmaria kult (SA-Batch A)	5mg90s	0	3041	33495	15504	140	2,29	35,5	5,744	0,348	15,4954	6,1806	0,9733	0,9693	1,1174	1,0502	0	0	0	0	3,8	3,8	8,706		Su
3,987	Palmaria kult (SA-Batch B)	5mg90s	0	4317	36205	16737	187	3,21	37,56	6,045	0,456	11,7158	6,2133	0,9733	0,9693	1,1174	1,0502	0	0	0	0	3,8	3,8	12,183		Su
4,0565	Palmaria kult (SA-Batch B)	5mg90s	0	4423	37177	17348	190	3,2	37,55	6,091	0,451	11,7404	6,1657	0,9733	0,9693	1,1174	1,0502	0	0	0	0	3,8	3,8	12,155		Su
4,0116	Palmaria kult (SA-Batch B)	5mg90s	0	4371	36672	16860	185	3,22	37,78	6,045	0,447	11,7179	6,25	0,9733	0,9693	1,1174	1,0502	0	0	0	0	3,8	3,8	12,251		Su

Figur 28 Resultat fra CHNS-analyse. Protein (%) er beregnet ut fra mengde nitrogen.

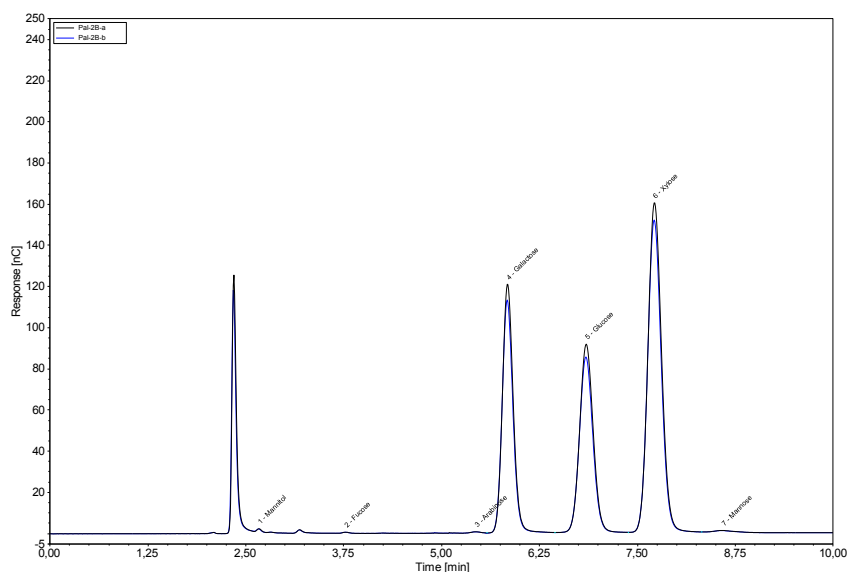
6.1.4.2 HPAEC-PAD kromatogram



Figur 30 Kromatogram for Pal-1, som et gjennomsnitt av parallell Pal-1-a, Pal-1-b og Pal-1-c. Retensjonstid på x-akse og respons på y-aksen.



Figur 31 Kromatogram for Pal-2A, som et gjennomsnitt av parallell Pal-2A-a, Pal-2A-b og Pal-2A-c. Retensjonstid på x-akse og respons på y-aksen.



Figur 32 Kromatogram for Pal-2B, som et gjennomsnitt av parallell Pal-2B-a og Pal-2B-b. Retensjonstid på x-akse og respons på y-aksen.

6.1.5 «Resultat ICP-MS utført av SINTEF»

Prøveresultater ICP-MS



PROSJEKT	PROSJEKTNR	ANSVARLIG OPPDRAGSGIVER	ANSVARLIG SINTEF	DATO
SBP-N	102021006	Oystein Arlov, Finn Lillelund Aachmann og Sivill. Inger Sævi	Marit Sandrud, Senioringeniør	01.05.2023

Prøvene ble dekomponert med HNO₃ i en Milestone UltraWAVE mikrobølgeovn, fortynnet og analysert med Agilent 8900 Triple Quadropole ICP-MS (ICP-QQQ) med SPS 4 Autosampler. De er kvantifisert mot standarder fra Inorganic Ventures med 115In som intern standard.

Nummer	Prøve Navn	Na		Mg		P		K		Ca		Mn		Fe	
		mg/kg	RSD (%)	mg/kg	RSD (%)	mg/kg	RSD (%)	mg/kg	RSD (%)	mg/kg	RSD (%)	mg/kg	RSD (%)	mg/kg	RSD (%)
2023-2658	Palmaria 2A	15 202	0,9	2 380	0,5	5 374	1,1	75 475	1,6	1 438	1,2	5,3	2,7	100	0,9
2023-2659	Palmaria 2B	16 228	1,9	2 615	1,9	6 337	1,2	52 575	1,4	3 266	0,9	11	1,8	160	1,6
2023-2660	Palmaria 1	4 340	2,4	1 416	2,7	4 744	2,1	63 058	1,1	2 345	1,2	10	1,7	243	2,6

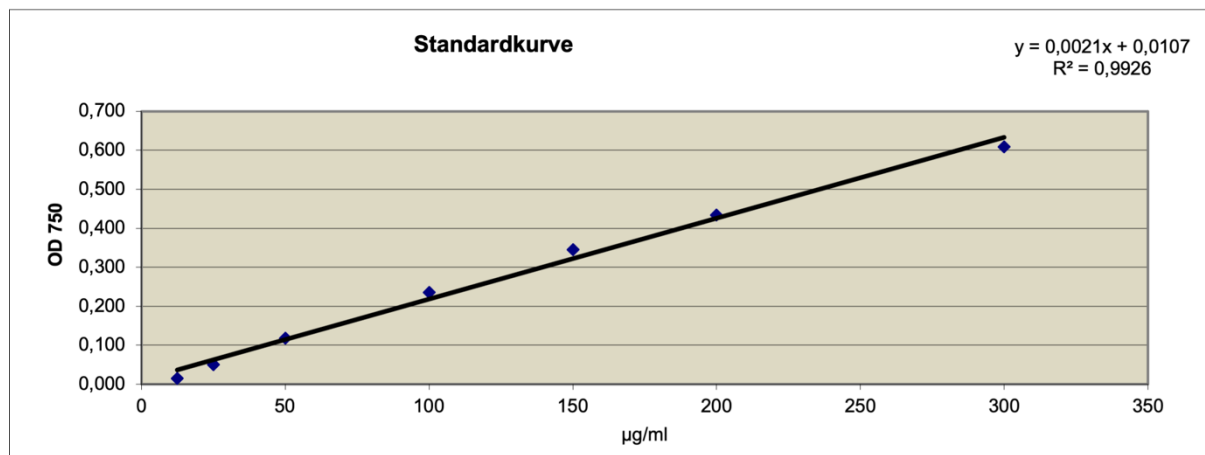
Prøvene ble dekomponert med TMAH i varmeskapet ved 70°C over natt, fortynnet og analysert med Agilent 8800 Triple Quadropole ICP-MS (ICP-QQQ) med SPS 4 Autosampler.

Nummer	Prøve Navn	Cu		Zn		As		Se		Cd		Ba		Pb	
		mg/kg	RSD (%)	mg/kg	RSD (%)	mg/kg	RSD (%)	mg/kg	RSD (%)	mg/kg	RSD (%)	mg/kg	RSD (%)	mg/kg	RSD (%)
2023-2658	Palmaria 2A	5	0,8	19,4	1,1	20	0,4	<0,24	n/a	0,16	4,7	0,14	1,4	0,048	2,0
2023-2659	Palmaria 2B	12	0,7	73,7	0,4	12	2,4	<0,25	n/a	0,12	3,8	0,17	2,1	0,10	2,3
2023-2660	Palmaria 1	12	1,4	73,9	1,4	12	1,6	0,26	14,4	0,38	2,4	1,1	2,9	0,13	2,7

Nummer	Prøve Navn	I		Cl		Br	
		mg/kg	RSD (%)	mg/kg	RSD (%)	mg/kg	RSD (%)
2023-2658	Palmaria 2A	161	1,7	73 334	2,7	365	3,3
2023-2659	Palmaria 2B	185	1,1	55 543	1,2	396	1,9
2023-2660	Palmaria 1	544	1,6	44 281	1,1	664	2,9

Figur 33 Innhold av metaller i Pal-1, Pal-2A og Pal-2B, oppgitt i mg/kg.

6.2 Standardkurve LOWRY



Figur 34 Standardkurve tilhørende LOWRY-metode for bestemmelse av proteininnhold. Y-aksen viser absorbans avlest ved bølgelengde 750, X-aksen viser konsentrasjon i µg/ml.

6.3 Vekt av biomasse til beregning av tørrstoff- og askeinnhold

Viltvoksende *P. palmata* (Pal-1), mottatt 17/3-23 (fryst), høstet. 17/4-17.

Pose nr	Vekt tint tare (g)	Vekt etter Frysetøking (g)	Vekt etter oppmaling (g)	Parallell	Vekt innveid askeanalyse, før varmeskap (g)	Vekt etter varmeskap (tørrstoff) (g)	Vekt etter askeovn (g)
A	380,629	71,642	71,003	1	2,5050	2,3794	0,3365
B	299,338	58,283	57,901	2	2,5060	2,3786	0,3294
C	190,745	37,441	37,018	3	2,5070	2,3768	0,3283
D	255,217	48,591	47,933				
Sum	<u>1125,929g</u>	<u>215,957 g</u>	<u>213,855g</u>	Gjennomsnitt	<u>2,5060g</u>	<u>2,3782g</u>	<u>0,3314g</u>

Figur 35 Alle innveinger for bestemmelse av tørrstoff- og askeinnhold av Pal-1.

Kultivert *P. palmata* Batch A (Pal-2A), høstet. 21/4-23.

Pose nr	Tare før frysetøking (g)	Vekt etter frysetøking (g)	Vekt etter oppmaling (g)	Parallell	Vekt innveid askeanalyse, før varmeskap(g)	Vekt etter varmeskap (tørrstoff) (g)	Vekt etter askeovn (g)
E	248,967	57,896	56,455	1	2,5480	2,4199	0,4297
F	200,652	46,702	44,386	2	2,5322	2,4037	0,4310
G	260,796	52,451	50,272	3	2,5380	2,4064	0,4223
Sum	<u>709,448 g</u>	<u>157,049 g</u>	<u>151,113 g</u>	Gjennomsnitt	<u>2,5394 g</u>	<u>2,4100 g</u>	<u>4277 g</u>

Figur 36 Alle innveinger for bestemmelse av tørrstoff- og askeinnhold av Pal-2A.

Kultivert *P. palmata* Batch B (Pal-2B), høstet. 21/4-23.

Pose nr	Tare før frysetørrking (g)	Vekt etter frysetørrking (g)	Vekt etter oppmaling (g)	Parallell	Vekt innveid askeanalyse, før varmeskap(g)	Vekt etter varmeskap (tørrstoff) (g)	Vekt etter askeovn (g)
H	224.55	55,406	50,158	1	2,5298	2,4182	0,4602
I	201.824	39,211	38,318	2	2,5096	2,3972	0,4214
J	233.892	52.247	51,116	3	2,5295	2,4154	0,457
Sum	<u>660,266 g</u>	<u>146,864 g</u>	<u>139,592 g</u>	Gjennomsnitt	<u>2,5230 g</u>	<u>2,4102 g</u>	<u>0,4462 g</u>

Figur 37 Alle innveiinger for bestemmelse av tørrstoff- og askeinnhold av Pal-2B.

