



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2019 30 stp

Fakultet for kjemi, bioteknologi og matvitenskap

Kvalitetsforandringer tidlig postharvest i brunalgen *Saccharina latissima* ved bruk av ulike lagringsmetoder

Quality changes early postharvest in brown algae
Saccharina latissima using various storage
conditions

Ingrid Leikvoll

Matvitenskap, Produksjon og utvikling av næringsmidler

Forord

Denne masteroppgaven på 30 studiepoeng er en del av mastergraden min i matvitenskap, retning produksjon og utvikling av næringsmidler ved Fakultetet for kjemi, bioteknologi og matvitenskap ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Oppgaven er gjennomført i samarbeid med Seaweed Energy Solutions, en partner i prosjektet Foods of Norway. Arbeidet med denne oppgaven har funnet sted våren 2019.

Jeg ønsker først å takke min hovedveileder gjennom denne oppgaven, professor Bjørg Egelanddal for god hjelp og veiledning under hele oppgaven, takk for at du alltid har vært tilgjengelig. Takk til Lene Ruud og Karoline Kåsin for nyttige innspill og hjelp når det trengtes under arbeid på laboratoriet. Takk til Solfrid Lohne, Mina Marthinsen Langfjord og Susanne Birkeland ved Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning for slutføringen av elementanalysene, og for å være veldig behjelpelige med analyser i en hektisk slutfase av oppgaven. Jeg vil også takke Bjørge Westereng, Magnus Øverlie Arntzen og Maren Oftebro for gjennomføring av karbohydratanalyse.

Samtidig ønsker jeg å takke alle ansatte i Seaweed Energy Solutions for å ha gitt meg muligheten til å skrive denne oppgaven og for sukkertaren til oppgaven. Takk for muligheten til å høste sukkertaren allerede i februar, for å sikre tid til analyser og skriving av oppgaven i løpet av våren. I tillegg vil jeg takke for reisen min til Frøya, god hjelp til gjennomføring av lagringsforsøket og hyggelige dager der sammen med dere. Dere har også vært en god faglig ressurs under skrivingen av oppgaven. Jeg ønsker også å takke mine medstudenter for fine år sammen på Ås og for hyggelige stunder på lesesalen under arbeidet med masteroppgaven. Takk til øvrige venner og familie for all støtte.

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Ås, mai 2019

Ingrid Leikvoll

Sammendrag

Kultivering av makroalger er den raskest voksende sektoren innen akvakultur, makroalger har mange fordeler fremfor landvoksende planter, som en langt høyere vekstrate og bedre evne til å binde karbon. I tillegg vil dyrking av makroalger kunne føre til økt matproduksjon uten å benytte seg av verdifulle landarealer som dyrkbar jord eller ferskvann. Brunalgen sukkertare, som denne oppgaven omhandler, kan utnyttes til humant konsum, dyrefôr og i tillegg har den et potensiale som råstoff til produksjon av biodrivstoff. Med en voksende tareindustri og økt grad av kultivering av brunalgen sukkertare vil det bli viktig at det finnes tilstrekkelig informasjon om alle stegene uansett sluttprodukt, og denne oppgaven tar for seg lagring etter høsting, før videre prosessering. Bakgrunnen for denne oppgaven er at det finnes lite forskning på hvordan sluttkvaliteten på produktet sukkertare påvirkes av ulike lagringsmetoder i perioden fra høsting til fryselagring.

Hensikten med denne oppgaven var å finne ut hvordan lagring av sukkertare i luft eller gjennomstrømmende sjøvann spiller inn på kvaliteten til produktet i tidsperioden fra 0 til 72 timer post høsting ved temperaturene 5,8°C på det gjennomstrømmende sjøvannet og 6,7°C lufttemperatur. Mange produsenter benytter lagring i sjøvann, men det finnes lite dokumentert forskning på hvorfor dette er den beste lagringsmetoden.

Resultatene fra denne oppgaven viste først og fremst at lengden på lagringstiden etter høsting er en svært viktig faktor ved lagring av sukkertare. Flere faktorer, som antioksidantkapasitet, målt ved evne til å chelatere jern, lyshet i tarebladene og tørrstoffinnhold ga signifikante forskjeller for faktoren lagringstid. Det var også tydelig at de fleste endringene som finner sted i løpet av den totale lagringsperioden på 72 timer skjer i løpet av de første 6 timene av lagringstiden. Ved gjennomføring av en elementanalyse ble det tydelig at sukkertaren vil ha et mer gunstig mineralinnhold etter lagring i gjennomstrømmende sjøvann enn ved tørr lagring. Uansett lagringsmetode ble det observert et høyt jodinnhold, noe som vil være en utfordring ved humant konsum. En ulikhet mellom lagringsmetodene er at det forekom en større grad av utvasking av pigmenter etter lagring i gjennomstrømmende sjøvann. Samlet sett ble det ikke observert stor grad av signifikante effekter av de ulike lagringsmetodene.

Abstract

Cultivation of seaweed is the fastest growing sector within aquaculture. Compared to plants on land seaweed also has a lot of environmental advantages, like a higher growth rate while using minimal resources and they also have a better capacity of binding carbon. With respect to food production, the macro algae have the ability of producing large amounts of highly nutritious biomass without the use of arable land and fresh water. The brown algae called sugar kelp, which was studied in this thesis, can be exploited both as human food, animal feed and also as ingredient for production of biofuels. To develop a growing seaweed industry and the growth within the cultivation of these it will be necessary to provide relevant information regarding all the steps during the cultivation process. This thesis is focusing on early postharvest changes in quality before further processing begins. There is very little information and research on how the end quality of the product sugar kelp will be affected by different storage conditions early postharvest.

The aim of this study was to elucidate how storage of sugar kelp in air or in circulating seawater will affect the end quality of the sugar kelp after storage at two different conditions. Different length of storage was investigated, from the time 0 to 72 hours storage at the two conditions. A lot of kelp producers are using seawater storage as the first step postharvest, still there are not many studies suggesting why this is the best storage condition.

The results from this study showed that the storage time is a very important factor regarding postharvest storage of sugar kelp. Several results from the experiments; antioxidant capacity measured as ferrous iron chelating activity, lightness in the kelp blades and the dry matter content gave significant differences for the factor storage time. Another observation was that the biggest changes occurred during the first 6 hours of storage postharvest. Element analysis showed that the best mineral composition for human consumption was found in the sugar kelp stored in circulating seawater compared to the samples that were stored dry. A clear difference between the two methods was that the kelp stored in circulating seawater lost higher amount of pigments during the total storage time. For both storage conditions it was found that the iodine content was high, and this will be a challenge regarding human consumption unless additional processing is added.

Innholdsfortegnelse

Forord	I
Sammendrag	III
Abstract	V
Liste over tabeller og figurer	XI
<i>Oversikt over tabeller</i>	<i>XI</i>
<i>Oversikt over figurer</i>	<i>XII</i>
1 Innledning	1
1.1 <i>Bakgrunn</i>	<i>1</i>
1.2 <i>Formål</i>	<i>1</i>
2 Teori	3
2.1 <i>Hva er alger?</i>	<i>3</i>
2.2 <i>Makroalger</i>	<i>4</i>
2.3 <i>Sukkertare, Saccharina latissima</i>	<i>6</i>
2.4 <i>Utnyttelse av alger</i>	<i>9</i>
2.4.1 <i>Bruk av alger i et historisk perspektiv</i>	<i>9</i>
2.4.2 <i>Industriell utnyttelse av alger i dag</i>	<i>10</i>
2.5 <i>Makroalger som næringsmiddel</i>	<i>11</i>
2.5.1 <i>Ernæringsmessige utfordringer knyttet til makroalger</i>	<i>13</i>
2.5.2 <i>Jodinnhold</i>	<i>14</i>
2.6 <i>Karbohydrater</i>	<i>15</i>
2.7 <i>Antioksidanter</i>	<i>16</i>
2.8 <i>Miljøaspekter</i>	<i>19</i>
2.8.1 <i>Fototrofe organismer</i>	<i>20</i>
2.9 <i>Domestisering og kultivering av tare</i>	<i>21</i>
2.9.1 <i>Lagring og behandling av taren etter høsting</i>	<i>23</i>

3	Materialer og metoder.....	25
3.1	<i>Lagringsforsøk.....</i>	26
3.2	<i>Sensorisk/Fysisk Kvalitetsbedømmelse.....</i>	28
3.3	<i>Fargemåling</i>	28
3.4	<i>Absorbansmåling av drypp.....</i>	29
3.5	<i>Tørrestoffinnhold.....</i>	30
3.6	<i>Evne til å binde jern- Ferrous Ion Chelating activity (FICA).....</i>	30
3.7	<i>Elementanalyse.....</i>	34
3.8	<i>Karbohydratanalyse</i>	35
3.9	<i>Statistiske analyser</i>	36
4	Resultater	37
4.1	<i>Lagringsforsøk.....</i>	37
4.1.1	<i>Innveide prøver.....</i>	38
4.1.2	<i>Temperatur.....</i>	39
4.1.3	<i>Sensorisk/Fysisk Kvalitetsbedømmelse</i>	40
4.2	<i>Tørrestoffanalyse.....</i>	41
4.3	<i>Fargemålinger</i>	44
4.3.1	<i>Absorbans av drypp.....</i>	47
4.4	<i>Evne til å chelatere jernioner.....</i>	49
4.5	<i>Karbohydratanalyse</i>	54
4.6	<i>Elementanalyse.....</i>	55
4.7	<i>Anbefalt daglig inntak (ADI) Tabell.....</i>	57
5	Diskusjon	61
5.1	<i>Blad til blad variasjon og variasjoner innad på tarebladene?</i>	61
5.2	<i>Lagringsforsøk.....</i>	62
5.3	<i>Fargemåling</i>	63
5.3.1	<i>Måling av tarebladene</i>	63

5.3.2	Absorbansmåling av drypp.....	65
5.4	<i>Tørrstoffanalyse</i>	66
5.5	<i>Karbohydratanalyse av drypptapet</i>	68
5.6	<i>Evne til å binde jern</i>	69
5.7	<i>Elementanalyse</i>	72
6	Videre arbeid	79
7	Konklusjon	81
8	Litteraturliste	83

Liste over tabeller og figurer

Oversikt over tabeller

Tabell 1: De ulike makroalgenes innhold av pigmenter, dette gir de ulike gruppene makroalger ulike synlige farger.....	4
Tabell 2: Klassifisering av sukkertare (Artsdatabanken)	6
Tabell 3: Oversikt over hvilke reagenser som ble tilsatt i de ulike rørene under jernchelateringsanalysen.....	31
Tabell 4: Bilder av taren i boksene med ulike lagringsforhold og av et helt blad ved hvert prøvetakingstidspunkt, T1 utgår da det ikke ble tatt gode bilder.	37
Tabell 5: Mengde tare veid inn, tarens vekt etter endt forsøk og tarens tapte vekt i løpet av lagringsperioden.	39
Tabell 6: Målte temperaturer i luften og i de ulike boksene med ulike lagringsforhold ved alle prøvetakingstidspunktene, og gjennomsnittstemperaturen ved de ulike forholdene..	40
Tabell 7: P-verdi og kvadratsummen for de ulike faktorene i tørrstoffanalysen, % av kvadratsummen forklarer hvor mye av variasjonen i resultatene som forklares av hver enkelt faktor.	42
Tabell 8: En Tukey's test (HSD) viste at den signifikante nedgangen i tørrstoff bare skjer mellom tid 0 og 1, altså i løpet av de seks første timene lagring. Det skjer likevel en nominell nedgang etter dette tidspunktet. Bokstavene (A, B) deler resultatene i grupper som er signifikant forskjellig fra hverandre.	42
Tabell 9: P-verdi, kvadratsum og % av den totale kvadratsummen for de ulike faktorene i tørrstoffanalysen. Kvadratsummen forklarer hvor mye av variasjonen i lysheten som forklares av hver enkelt faktor.....	46
Tabell 10: En Tukey's test (HSD) viste at den signifikante nedgangen i tørrstoff bare skjer mellom tid 0 og 1, altså i løpet av de seks første timene. Bokstavene (A, B) deler resultatene i grupper som er signifikant forskjellig fra hverandre for faktoren lagringstid.	47
Tabell 11: p-verdi, kvadratsum og % av den totale kvadratsummen for de ulike faktorene i FICA-analysen etter gjennomføring av en ANOVA.....	51

Tabell 12: En Tukey's test (HSD) viste at nedgangen i evne til å chelatere jernioner skjer jevnt i begge gruppene og at bare tid 0 og 72 timers lagring viste forskjeller ved bruk av 0,85 som konfidensintervall. Bokstavene (A, B) deler resultatene i grupper som er forskjellig fra hverandre. 52

Tabell 13: Resultater fra elementanalyse, 0-prøven, kontroll, og prøver fra T5 fra både gruppe 1 og 2, tørr lagring og lagring i gjennomstrømmende sjøvann og drypptapet (samleprøve fra boksene) fra sukkertaren ved tørr lagring ble analysert. Makromineraler og halogener er oppgitt som g/kg tørrstoff mens mikromineraler er oppgitt som mg/kg tørrstoff. Standardavvik er oppgitt for de prøvene osm ble gjennomført med 3 paralleller, det ble brukt paralleller for basisk og sur ekstraksjon for to av prøvene, 0 og gruppe 2. . 55

Tabell 14: Anbefalt daglig inntak og grenseverdier for øvre inntak av ulike mineraler og sporstoffer som finnes i sukkertare, verdiene gjelder for voksne, eventuelt kvinner, dersom alder var spesifisert ble det benyttet verdier for 18-30 år. Noen felter er merket «*», som betyr at det ikke er satt referanseverdien for det aktuelle elementet. Verdiene som er oppgitt for sukkertare er de som ble funnet i kontrollprøven, frosset direkte etter høsting..... 59

Oversikt over figurer

Figur 1: Fukoxantin, pigmentet som er dominant i å gi brunalgene deres farge. 4

Figur 2: Hvordan de ulike pigmentene absorberer lys ved ulike bølgelengder fra UV-spekter og til synlig lys. Her vises klorofyll a, -b, og -c, β -karoten, fykoerytrin og fykocyanin (Fondriest Environmental, 2014). 5

Figur 3: De ulike delene på sukkertare og hvordan den er bygget opp, figuren viser festeorganet helt til venstre, stilken og selv bladet, det mørke vevet midt på planten er sori, hvor fertile celler utvikles (Redmond et al., 2014). 7

Figur 4: Livssyklusen til sukkertare illustrert gjennom alle trinnene, sporofyttfasen foregår til venstre for den stiplede linjen mens gametofyttfasen foregår til høyre for den stiplede linjen (Redmond et al., 2014). 8

Figur 5: Strukturformler for de viktige sukkermolekylene i sukkertare, fra venstre: monomeren D-mannitol og polymerene alginat og laminarin (Pubchem). 16

Figur 6: Polyfenoler kan inneha antioksidantegenskaper som kan binde jernioner eller andre transisjonsmetaller (Perron & Brumaghim, 2009). 18

Figur 7: Bildet viser høsting av sukkertare. Bildet viser også hvor stort volum som vokser på taustrukturerne (Seaweedenergysolutions).	22
Figur 8: Geografisk beliggenhet for kultiveringsanlegget til SES, hvor sukkertaren til denne oppgaven ble høstet.	25
Figur 9: Flytskjema over lagringsforsøket, det ble tatt ut prøver fra alle boksene, 3 bokser for hver lagringsmetode, ved 5 ulike prøvetakingstidspunkter Det ble også tatt ut en kontrollprøve før oppstarten av lagringsperioden.	26
Figur 10: Figuren viser hvordan de tre ulike kanalene, fargeparameterne L^* , a^* og b^* , tilsammen kan definere en farge (Sappa Fine Paper North America 2013).....	29
Figur 11: Figuren viser hvilke bølgelengder de ulike fargene har, og hvilket spekter menneskeøyet kan observere (Nirmal, 2018).	29
Figur 12: En todimensjonal fremstilling av reaksjonstrinnene ved dannelse av Fe^{2+} /ferrozine komplekset. De ulike atomene er merket med farger hvor C=grønn, H=hvit, Fe=lilla, N=blå, O=rød og S=gul, størrelsene på disse figurene er ikke i korrekt målestokk (Frey et al., 1995).	32
Figur 13: Prøvene tilsatt EDTA, standard, kontroll og prøvene viser ulike farger etter eventuell tilsetning av ferrozine (ikke tilsatt i blank). Fra venstre vises 3*prøve, 3*blank, 3*standard og til sist 3*kontroll.	33
Figur 14: Formler for den totale kvadratsummen (øverst) og den justerte kvadratsummen (nederst).	36
Figur 15: Tørrestoffinnhold i prøvene fra ulike grupper ved ulike tidspunkter etter høsting.	41
Figur 16: Interaksjonsplot for hvordan de ulike faktorene i tørrestoffanalysen interagerer med hverandre. Y-aksen forklarer tørrestoffinnholdet oppgitt som %, X-aksen er delt for de tre ulike grafene, hvor første graf fra venstre viser de ulike prøvetakingstidspunktene 0-5, som står for 0, 6, 12, 24 og 72 timer lagring postharvest. Grafen i midten gruppe 1, tørr lagring og 2, lagring i gjennomstrømmende sjøvann og den lengst til høyre viser to biologiske gjentak av analysen, 1 og 2.	43

Figur 17: Absorbansspekter for målingene gjort på sukkertaren under lagringsforsøket. De ulike linjene representerer ulik lengde på lagringstiden fra 0-72 timer postharvest lagring.	44
Figur 18: Forskjeller på de ulike fargeparametrene L^* , a^* og b^* innad i de to gruppene, hvor 1 er tørr lagring og 2 er lagring i gjennomstrømmende sjøvann.	45
Figur 19: Lysheten på sukkertaren endrer seg underveis i lagringsforsøket, de første seks timene går lysheten opp, for deretter å synke ned mot lysheten den hadde ved høstetidspunktet igjen.	46
Figur 20: Dryppet som ble samlet opp fra lagringsboksene ved endt lagringsforsøk vises i figuren, det er tydelig at det har en sterk rød/brun/oransje farge.	48
Figur 21: Absorbans av drypptapet fra sukkertaren lagret tørt i 72 timer fra 190-720 nm bølgelengde, de ulike linjene representerer ulike fortynningsgraden av drypptapet.	48
Figur 22: Absorbans av drypptapet fra sukkertaren lagret tørt i 72 timer fra 510-710 nm bølgelengde, de ulike linjene representerer det ufortynnede dryppet og en 10x fortykning.	49
Figur 23: Sukkertarens evne til å chelatere jern (%) ved ulike lagringsmetoder og lengde, gruppe 1 er tørr lagring og gruppe 2 er lagring i gjennomstrømmende sjøvann. X markerer en statistisk utligger ved gjentak 2 etter 48 timers lagring.	50
Figur 24: Chelateringssevnen justert for tørrstoffinnhold ved å dividere Chelateringssevnen (%) på Tørrstoffinnholdet (%).	51
Figur 25: Interaksjonsplott for hvordan de ulike faktorene interagerer med hverandre, her er resultatene fra chelateringsanalysen som ikke er justert for tørrstoff benyttet. Y-aksen forklarer evnen til å chelatere jernioner oppgitt som %, X-aksen er delt for de tre ulike grafene, hvor første graf fra venstre viser de ulike prøvetakingstidspunktene 0-5, som står for 0, 6, 12, 24 og 72 timer lagring postharvest. Grafen i midten viser gruppe 1, tørr lagring og 2, lagring i gjennomstrømmende sjøvann og den lengst til høyre gjentak av analysen, 1 og 2.	53
Figur 26: Absorbansen til blank-prøvene fra de ulike lagringsmetodene, gruppe 1 er tørr lagring og gruppe 2 er lagring i gjennomstrømmende sjøvann og lagringstidene 0-72 timer postharvest.	54

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Tare dyrking har gode muligheter til å utvikle seg til en stor fremtidig næring på bakgrunn av en økt verdensbefolkning som fører til et økt behov for matproduksjon. Samtidig er miljøet og et økende fokus på bærekraft faktorer som vil kunne bidra til økt vekst i tareindustrien. Tareindustrien er i stor vekst i Norge, fra 54 tillatelser til algedyrking i 2014 til 309 tillatelser i 2017, artene som dyrkes i Norge er foreløpig bare butare og sukkertare, men mye tyder på at arter som søl og fingertare vil bli dyrket i nær fremtid (Handå et al., 2009).

Utvikling av riktig høste- og lagringsteknologi vil være nødvendig for industrialisering og fremtidig vekst av næringen. Lagring i sjøvann i perioden rett etter høsting har den siste tiden blitt en standard lagringsmetode (Stévant et al., 2017). En tidligere studie av Paull og Chen (2008), hvor holdbarhetet ble målt ved fargeendringer, slimete overflate på tarebladene, mikrobiell vekst og utlekking av komponenter viste at lagring i sjøvann gir betydelig lenger holdbarhet hos noen bestemte typer rødalger. Denne informasjonen bidro til at hypotesen for denne oppgaven vil være at kvaliteten til sukkertare vil holde seg bedre, over lenger tid, ved lagring i gjennomstrømmende sjøvann enn ved tørr lagring. Høsting av sukkertare til denne oppgaven ble gjennomført 18 februar 2019, noe som er svært tidlig høsting, dette var nødvendig for å sikre biomasse til å gjennomføre denne oppgaven innenfor rammen av standard tid for masteroppgaver.

1.2 Formål

Formålet med denne oppgaven var å finne ut om ulike lagringsmetoder spiller inn på den generelle sluttkvaliteten på sukkertare. Dette ble gjennomført ved å lagre høstet sukkertare ved to ulike forhold, den ene gruppen ble lagret tørt, mens den andre gruppen ble lagret i gjennomstrømmende sjøvann. Ulike lengder på lagringsperioden, fra 0 til 72 timers lagring, ble også benyttet for å finne ut på hvilket tidspunkt eventuelle endringer vil begynne å skje, og om eventuelle forandringer inntreffer ved ulike tidspunkt ved bruk av de ulike lagringsmetodene. Dersom kvaliteten på biomassen vil være betraktelig bedre ved lagring i gjennomstrømmende sjøvann vil det kunne være verdt å investere i slike systemer. Det

vil være viktig for taredyrkere å ha tilstrekkelig informasjon om eventuell degradering av tare etter høsting, og hvordan kvaliteten kan opprettholdes på best mulig måte etter høsting og før videre prosessering.

2 Teori

2.1 Hva er alger?

Alger er en samlebetegnelse på en svært variert plantegruppe som inneholder mellom 35-50 000 ulike arter, hvor bare en liten andel av disse er domestiserte. De kommer i en rekke farger og fasonger og begrepet alger er svært bredt. Alger er den mest dominerende plantegruppa i havet. Taksonomien til algene er enda ikke helt forstått, og noen mener det finnes langt flere arter enn det estimerte tallet (Mouritsen, 2013). Alger skilles gjerne i mikroalger og makroalger, hvor mikroalger er eukaryote, encellede og fotosyntetiske mikroorganismer som gjerne vokser i frie vannmasser (Bux & Chisti, 2016). Betegnelsen benyttes likevel ofte på cyanobakterier, også kalt blågrønne alger som dog er prokaryote organismer. Makroalger er det som på folkemunne kalles for «tang og tare», dette er flercellede organismer som ofte inneholder spesialiserte celler. Mange av makroalgene er bentiske, festet til havbunnen med et festeorgan, men de kan også være festet til andre organismer eller frittflytende. Størrelsen på makroalgene varierer i stor grad, fra noen få centimeter og opp til 60 meter, men felles for alle er at de kan ses med det blotte øyet (Mouritsen, 2013).

Tang og tare er fototrofe organismer, som betyr at de nyttiggjør seg av sollys og tar opp karbon og næringsstoffer fra sjøvannet. Makroalger vokser gjerne i fjæresonen, men noen arter også vokser dypere ned i vannet. Hvor dypt ned i vannet de ulike artene vokser bestemmes av partikkelkonsentrasjonen i vannet, dette skyldes at lystilgang er en svært viktig vekstfaktor for taren. Et godt område for tare dyrking trenger tilstrekkelig med næringsalter (3 μmol nitrat/l), en strømningshastighet på minst 5 cm/s, ikke for varmt vann ($<17^\circ\text{C}$), lav partikkelkonsentrasjon i vannet og en saltholdighet på 30-35ppm (Handå et al., 2009). Veksten av tare skjer fra nederst ved stilken og oppover bladet, vekstsonen vil skyve bladet oppover. Dette gjør at de eldste delene av bladet vil være ytterst og dermed også mest utsatt for slitasje fra miljøet rundt. Konsekvensene av dette er at omtrent 20% av den stående tang- og tarebestanden går tapt hvert år, og 50% av årsproduksjonen (Indergaard, 2010).

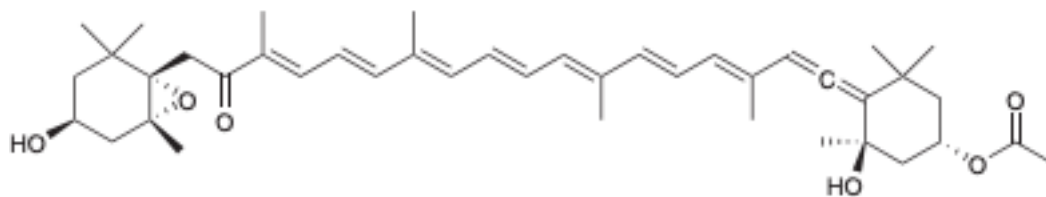
2.2 Makroalger

Makroalgene deles inn i de tre gruppene brunalger (Phaeophyta), grønnalger (Chlorophyta) og rødalger (Rhodophyta) på bakgrunn av deres sekundære fotosyntetiske pigmenter (Bux & Chisti, 2016). Alle disse inneholder klorofyll som er en viktig del av deres fotosyntetiske egenskaper som konverterer sollys til kjemisk energi som kan nyttiggjøres. Dette betyr at fargene som synes på makroalgene må skyldes andre pigmenter enn klorofyll (Mouritsen, 2013). En oversikt over hvilke pigmenter som finnes i de ulike gruppene av makroalger er vist i Tabell 1.

Tabell 1: De ulike makroalgenes innhold av pigmenter, dette gir de ulike gruppene makroalger ulike synlige farger.

Brunalger	Klorofyll a, c1 og c2, β -karoten, fukoxantin, xantofyller
Rødalger	Klorofyll a og d, β -karoten, fykoerytrin og fykocyanin
Grønnalger	Klorofyll a og b, β -karoten, xantofyller

Brunalgen benyttes hovedsakelig som mat eller som råstoff for ekstraksjon av hydrokolloidet alginat. Pigmentene som finnes i brunalger er klorofyll a, c1, c2, β -karoten og xantofyller. Den brune fargen som ses hos brunalgene kommer hovedsakelig fra xantofyll-pigmentet fukoxantin (Mouritsen, 2013). Dette pigmentet finnes i så stor grad at det nøytraliserer andre pigmenter som klorofyll og beta-karoten (Indergaard, 2010). Pigmentet fukoxantin er illustrert i Figur 1 nedenfor.

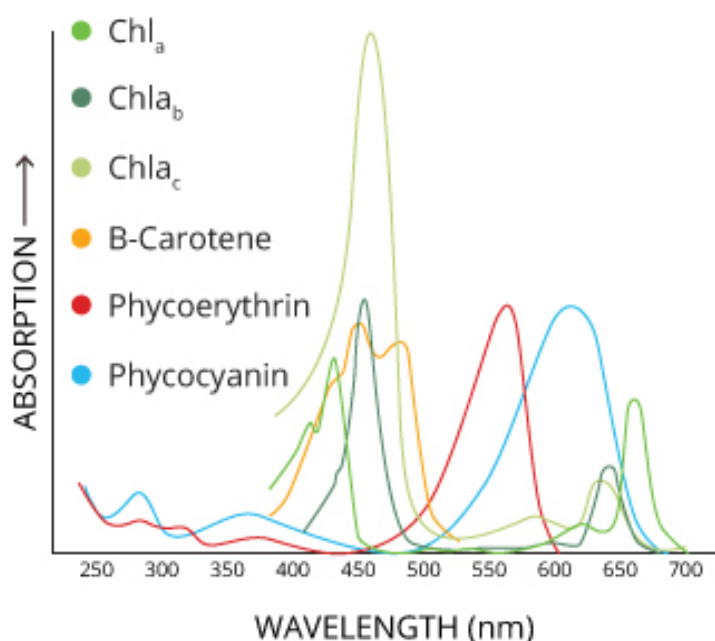


Figur 1: Fukoxantin, pigmentet som er dominant i å gi brunalgene deres farge.

Brunalger er ofte store, gjerne 2-4 meter, men de finnes fra 30-60cm og helt opp til 20 meter. Både rødalger og grønnalger er ofte betraktelig mindre enn brunalger, og ganske like i størrelse. Grønnalgene er grønne på grunn av innholdet av klorofyll a og b, men de inneholder også β -karoten og xantofyller. De finnes både i ferskvann og i saltvann, hovedsakelig benyttes disse som mat og utnyttes til produksjon av en rekke

helsekostprodukter som chlorella. Rødalgene får den rødaktige fargen hovedsakelig fra pigmentene fykoerytrin and fykocyanin, de benyttes også som mat og i tillegg som råstoff for hydrokolloidene agar og karragenan (McHugh, 2003).

Pigmenter er av stor betydning for makroalgene, først og fremst klorofyllene på bakgrunn av de fotosyntetiske egenskapene dette gir. Klorofyll a er det primære klorofyllmolekylet som står for fotosyntese, dette molekylet finnes derfor i alle fotosyntetiske organismer. Klorofyll b finnes særlig i landplanter, akvatiske planter og grønnalger, mens klorofyll c finnes i rødalger og brunalger. Den grønne fargen i grønnalger kommer av en høyere konsentrasjon av klorofyll enn de andre pigmentene. Karotenoider finnes i de fleste alger, og reflekterer gult, oransje og rødt lys. Fykobiliner som finnes i alger kan gjerne være fykoerytrin og fykocyanin som finnes i rødalger (Fondriest Environmental, 2014). Figur 2 nedenfor illustrerer hvor de ulike pigmentene absorberer lys ved ulike bølgelengder. Fukoxantin absorberes ved samme bølgelengder som β -karoten, og gir en svært lignende kurve (Croce & Van Amerongen, 2014).



Figur 2: Hvordan de ulike pigmentene absorberer lys ved ulike bølgelengder fra UV-spekter og til synlig lys. Her vises klorofyll a, -b, og -c, β -karoten, fykoerytrin og fykocyanin (Fondriest Environmental, 2014).

Tang og tare vokser tydelig i ulike soner langs fjæren. De blågrønne algene vokser øverst i sjøen, gjerne på steiner og berg, tangen vokser ofte i selve tidevannsbeltet, hvor sjøens høyde varierer med tidevannet. Under tidevannsbeltet, hvor det nesten utelukkende er sjø, vokser mesteparten av brunalgene. For eksempel vokser brunalgene sukkertare og stortare, *Laminaria hyperborea* (*L. hyperborea*) fra 3-30 meters dybde. Stortaren er den tarearten som dominerer langs norskekysten, og nærmere 90% av all naturlig tareskog består av stortare. Denne vokser gjerne på steder med god vanngjennomstrømming og er mer robust, mens sukkertare trives best i mer skjermede områder som fjorder (Indergaard, 2010).

2.3 Sukkertare, *Saccharina latissima*

Sukkertare, er brunalgen denne oppgaven omhandler. Gruppen brunalger består av omtrent 1800 ulike arter, disse kalles i dagligtalen gjerne bare for tare. Tidligere ble *S. latissima* kalt for *Laminaria saccharina*. Brunalger er den dominerende taregruppen i Nord-Atlanterhavet (Mouritsen, 2013). Tabell 2 viser klassifiseringen til sukkertare (Artsdatabanken).

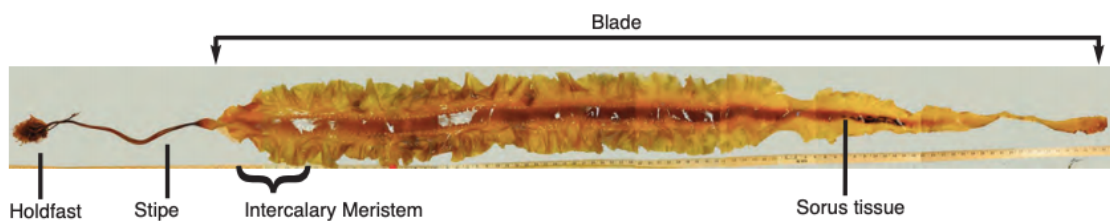
Tabell 2: Klassifisering av sukkertare (Artsdatabanken)

Rike	Chromista, Det gule riket
Rekke	Ochrophyta, Okeralger
Klasse	Phaeophyceae, Brunalger
Orden	Laminariales, Tare
Familie	Laminariaceae
Slekt	Saccharina
Art	<i>Saccharina latissima</i>

Sukkertaren er flerårig og lever i gjennomsnitt 2-4 år. Den vokser, som de fleste brunalger ofte fra den nederste fjæresonen og ned til 30 meter dybde, sukkertaren trives best i mer skjermede områder. Veksten av tarebladene er størst i løpet av vinteren og frem til april, og de kan bli flere meter lange. Sukkertarebladet blir gjerne 15-20cm bredt, og har en bølget kant rundt bladet. Den vokser fra innerst ved stilken og utover, på denne måten vil det eldste vevet alltid være ytterst på bladet. I vekstsesongen kan den vokse opp til 1cm i døgnet, noe som er svært effektiv produksjon av biomasse. Av alle artene som dyrkes på verdensbasis er *Saccharina japonica* (*S. japonica*), en nær slektning av *S. latissima*, den største

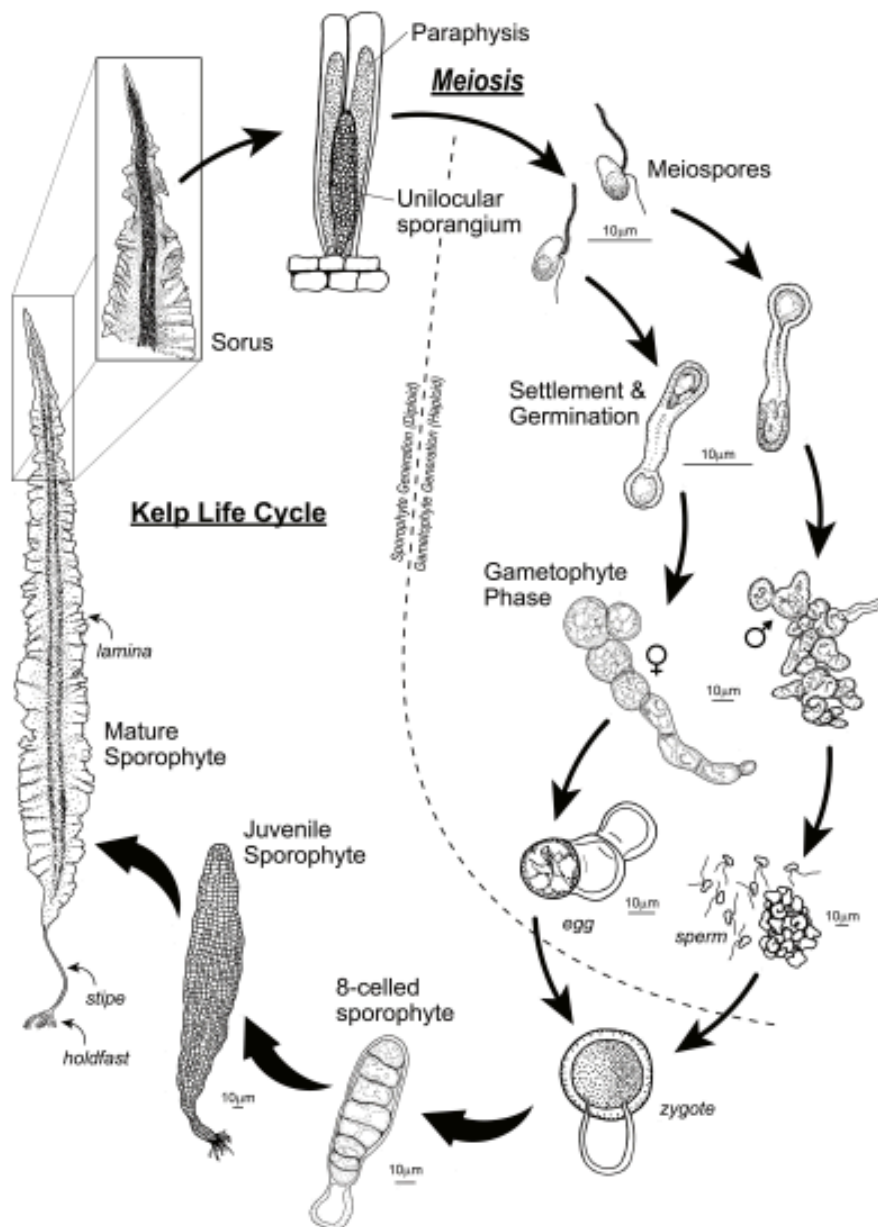
enkeltarten, med en produksjon på 4,6 millioner tonn. Sukkertaren blir på bakgrunn av et passende klima regnet som en gunstig art å dyrke i Norge og resten av nordområdene (Handå et al., 2009).

Figur 3 nedenfor illustrerer sukkertare og hvordan den er bygget opp. Det finnes tre hoveddeler på en sukkertareplante, festeorganet som fester algen til omgivelsene, en stilk som kommer opp av festeorganet og bladet som vokser ut fra stilken (Mouritsen, 2013). Makroalgene er ulike fra blomsterplanter ved at de ikke har tydelig oppdelt rot, stengel og blad, de har bare en sammenhengende kropp og et festeorgan, også kalt holdfast (Indergaard, 2010).



Figur 3: De ulike delene på sukkertare og hvordan den er bygget opp, figuren viser festeorganet helt til venstre, stilken og selv bladet, det mørke vevet midt på planten er sori, hvor fertile celler utvikles (Redmond et al., 2014).

Figur 4 nedenfor illustrerer hele livssyklusen til sukkertare. Livssyklusen til sukkertaren er todelt, hvor den ene fasen er en heteromorf livssyklus som består av et synlig stadium, denne fasen kalles sporofyttfasen. Den andre fasen er et mikroskopisk stadium som kalles gametofyttstadiet. Sporofyttfasen er den lengste perioden, da vil det dannes et mørkere vev midt på bladet, er fertilt vev som kalles sori, vist som «sorus» i figuren. I sori finnes det sporeproduserende celler som vil slippe sporene når den er modnet. Disse sporene vil adhere til et substrat hvor de initierer formeringen av det mikroskopiske stadiet gametofyttstadiet. Det vil etter hvert bli ekstrahert et egg fra hvert hunkjønnede oogonium, sammen med et hormon som signaliserer dette og dermed tiltrekker seg hankjønnede spermier fra nærliggende områder. Etter at egget har blitt befruktet vil den diploide zygoten dele seg og det utvikles små sporofytter. Når disse har vokst til 1-2mm vil det være mulig å så de på tau for videre vekst i havet. Denne bakgrunnskunnskapen er viktig ved manipulering av livssyklusen i laboratoriet for å kunne kultivere sukkertare (Redmond et al., 2014).



Figur 4: Livssyklusen til sukkertare illustrert gjennom alle trinnene, sporofyttfasen foregår til venstre for den stiplede linjen mens gametofyttfasen foregår til høyre for den stiplede linjen (Redmond et al., 2014).

Biomasseproduksjonen til sukkertare har vist å variere med dybde på tauet den vokser på, og gjennom månedene mai, juni og august. Sharma et al. (2018) har tidligere gjennomført et forsøk som analyserte biomasseproduksjon og den kjemiske komposisjonen ved ulike høstetidspunkter og dybde for vekst. Sukkertaren ble i det forsøket satt i sjøen i februar, og resultatene viste at den største produksjonen av biomasse per kvadratmeter ble observert ved vekst på 3m dybde på sukkertaren som ble høstet i juni. Biomasseproduksjonen som

der ble observert som den høyeste var på 38,3 kg våtvekt/ m². Denne sukkertaren ble også målt til å ha det høyeste sukkerinnholdet av alle de høstede prøvene, sammen med et lavt askeinnhold. Den laveste produksjonen av biomasse ble funnet på sukkertare som hadde vokst ved dybden 8m, og som ble høstet i mai. Dette viste at det lønner seg å dyrke sukkertaren ved en dybde på 3 meter fremfor 8 meter med tanke på produksjon av biomasse. Askeinnholdet i sukkertaren ble vist å være høyere etter dyrking ved 8 meters dybde enn på 3 meters dybde, i tillegg ble askeinnholdet vist å være høyere ved senere høstetidspunkt da mai, juni og august ble benyttet som høstetidspunkter. Ved elementanalyser viste på fleste elementene høyere innhold ved senere høsting og etter vekst på dypere vann. Det ble i denne studien likevel konkludert med at optimal dybde og høstetidspunkt vil variere med det tiltenkte bruksområdet til sukkertaren, men at for best mulig mineralinnhold for humant konsum vil trolig vekst på 8 meters dybde og høsting på sensommeren gi det beste sluttproduktet (Sharma et al., 2018).

2.4 Utnyttelse av alger

2.4.1 Bruk av alger i et historisk perspektiv

Det har vist seg å være vanskelig å bestemme eksakt hva våre forfedre spiste i tiden 1.000.000-100.000 år siden. Fra mineralanalyser av fossile beinrester fra mennesker ble det funnet lave proporsjoner av strontium til kalsium, noe som tyder på at disse menneskene var herbivore. Dersom dette blir lagt til grunn sammen med at de fleste oppholdt i kystnære strøk, kan mye tyde på at de har spist tang og tare. I tillegg til dette har det blitt funnet at tannemaljen til disse menneskene viser slitetegn på at det har blitt konsumert silika/silisiumdioksid, som er å finne i tang og tare. Likevel er det vanskelig å bekrefte dette med sikkerhet da tang og tare er svært lett nedbrytbart (Mouritsen, 2013).

I Europa ble tare for det meste brukt til produksjon av natriumkarbonat og jod før det ble hovedkilden til alginatproduksjon. Produksjonen av natriumkarbonat fra tare startet for alvor på 1700-tallet, først i Frankrike, deretter i Storbritannia og flere andre land. Det var en viktig industri frem til saltpannene kom i starten av 1800-talet, og i 1845 var natriumkarbonatindustrien som benyttet tare som råstoff nesten utdødd. Saltpanner, også kalt saltsletter er en mer lønnsom og mindre arbeidskrevende metode å produsere natriumkarbonat på, som gjorde at dette tok over for tare som råstoff. Oppdagelsen av jod i tare var viktig, og den medisinske bruken av dette gjorde igjen tare til en viktig industri.

Særlig i Japan var alginatindustrien stor, selv om produksjonen for alvor startet opp i år 1900 nådde de allerede i 1916 et rekordhøyt volum på 294 tonn. Dette skyldes trolig lave kostnader for arbeidskraft sammenlignet med nå til dags. Alginatindustrien gjennomgikk en kraftig vekst i løpet av andre verdenskrig, og gjorde på nytt tare til en viktig biomasse å utnytte seg av (Chapman, 1980).

Tang og tare har også historisk sett vært en viktig kilde til dyrefôr, og i noen land, for eksempel på Island, er det fortsatt en viktig fôrkilde til både sau, storfe og hest (Chapman, 1980). Tidligere var det viktig å utnytte de ressursene som var mest tilgjengelig lokalt, og tare ble da en naturlig fôrkilde til husdyr fra kystnære strøk. Nå til dags blir tare brukt som dyrefôr både i fersk og tørket tilstand, men også som ingrediens i andre typer fôr. Bruken av taremél, særlig fra brunalger, er ikke lenger begrenset til kystnære strøk og det finnes store fabrikker i flere deler av verden som produserer taremél til bruk i dyrefôr. Noen mener kjøttet fra dyr som har konsumert store mengder tare kan ha en fiskeaktig smak, noe som vil være en utfordring, mens ull og skinn derimot vil få en svært høy kvalitet (Chapman, 1980).

2.4.2 Industriell utnyttelse av alger i dag

Alger har lenge blitt brukt til produksjon av mange ulike substanser på bakgrunn av at de har evnen til å produsere store mengder biomasse på kort tid, og i tillegg at de gjør det med begrenset bruk av ressurser. Fossilt brensel og global oppvarming har ført til en interesse for å utvikle biodrivstoff fra alger. Biodrivstoff er drivstoff som produseres av biologisk materiale, og det forekommer enten i gass- eller væskeform. Regjeringen i Norge ønsker å nå målet om en større andel biodrivstoff gjennom å utvikle biodrivstoff som ikke benytter dyrkbar matjord eller matråstoff. Dette er en viktig fordel i utviklingen av biodrivstoff fra alger i motsetning til andre typer biomasse som har vært brukt. Brunalger har god evne til å produsere karbon, kapasiteten er på linje med den regnskog har og flere ganger sukkerrør sin kapasitet. Alger har også evne til å vokse ved å rense avfallsvann og nyttiggjør seg av komponenter som trenger å bli fjernet, og som ikke andre organismer vil kunne nyttiggjøre seg av. Det faktum at den samme biomassen kan benyttes til ekstraksjon av alginat og utvinning av fermenterbart sukker gjør denne prosessen både mer bærekraftig og økonomisk lønnsom. Produksjon av biodrivstoff fra alger er foreløpig en kostnadshøy

produksjon, noe som har bremsert utviklingen og vist at dette ikke er økonomisk gjennomførbart på dette tidspunktet (Handå et al., 2009; Sharma & Sharma, 2017).

Hydrokolloider som agar, alginat og karragenan er de mest verdifulle ingrediensene som utvinnes fra alger, disse ekstraheres fra brune eller røde alger. Slike substanser gjør det mulig å utvikle produkter som innehar svært gode funksjonelle egenskaper som geldannere, fortykningsmidler og stabilisatorer. Samlebetegnelsen på slike forbindelser er hydrokolloider, et hydrokolloid er en ikke-krystallinsk forbindelse av store molekyler som er vannløselige og har egenskaper som kan øke viskositeten til en løsning. I dag benyttes 1 million tonn tare til produksjon av disse hydrokolloidene. En viktig økonomisk og bærekraftig faktor for industrien er at restråstoffet etter slike produksjoner kan gå til produksjon av taremél til bruk i dyrefôr. Alginat kan isoleres fra de fleste typer brunalger, og Norge står for hele 25% av verdensproduksjonen av alginat, dette kommer imidlertid fra høsting av naturlige bestander av stortare, og ikke kultivert tare (Dalen, 2009; McHugh, 2003).

Alger er også rike på biologisk aktive komponenter som kan utnyttes fra et farmasøytisk perspektiv, som «supermaten» spirulina (en biomasse av cyanobakterier) og Chlorella, (enkelcellede grønnalger). Disse er rike på klorofyll, og inneholder store mengder vitaminer og mineraler. Det har vært diskutert både fordeler og ulemper ved inntak av slike stoffer i form av kosttilskudd, og her finnes det en del motsigende informasjon. Andre substanser som er interessante å utvinne fra alger er pigmenter (klorofyll) karotenoider (β -karoten, astaxantin), flerumettede fettsyrer, vitaminer (biotin, riboflavin) og antioksidanter (tokoferol, polyfenoler, katalaser). Det kreves fortsatt mye forskning på dette området, men det er sikkert at alger inneholder en rekke substanser som har teknologiske, biologiske eller funksjonelle egenskaper som er svært interessante (Sharma & Sharma, 2017).

2.5 Makroalger som næringsmiddel

Tare er ikke en naturlig stor del av et vestlig kosthold, men det har likevel blitt konsumert stadig mer tare de siste tiårene (Stévant et al., 2017). I Japan derimot er alger en vesentlig del av kostholdet, og står for hele 10% av det totale næringsinntaket (Bux & Chisti, 2016). Japan, Kina og Korea er de landene som konsumeres mest tare, mest Kina er den største produsenten. Makroalger kan konsumeres som blant annet fersk, frossen, tørket, rehydrert

og som tørket pulver. Tare er et næringsrikt produkt som inneholder mye fiber, vitaminer og mineraler, som vitamin C og K, jern, kalsium, jod og magnesium.

I Norge har vi Europas største bestand av tang og tare, hele 10.000 kvadratkilometer av kysten er bevest med makroalger (Indergaard, 2010). Dette gir et godt utgangspunkt for å kunne utnytte makroalgene på stadig flere og mer diverse måter. Det produseres og høstes til sammen stadig større volum av tare i Norge, og dette benyttes til energiproduksjon, dyrefor og noe går til humant konsum. Det humane konsumet av tare i Norge forekommer for det meste som ingredienser, krydder, kosttilskudd og i andre små mengder. Noe av det som gjør tare til et ønsket næringsmiddel er et mineralinnhold som er 10 ganger så høyt som hos landplanter som vokser i jord, samtidig inneholder det også en rekke sporstoffer og vitaminer. Sammensetningen og konsentrasjonen av ulike mineraler og sporstoffer varierer i stor grad mellom ulike tarearter (Mouritsen, 2013).

Dersom sukkertare brukes som et eksempel kan opptil 50% av tørrvekten til taren bestå av mineraler og sporstoffer. De stoffene det finnes mest av er natrium, kalium, kalsium og magnesium. Særlig balanse mellom mineralene er gunstig og sukkertare har en god ratio mellom natrium og kalium. Der natrium kan øke blodtrykket og føre til økt belastning på hjertet vil kalium kunne ha motsatte effekter og senke blodtrykket (Skui, 2016).

Av vitaminer inneholder den noe A-vitamin, både B₁ (tiamin), B₂ (riboflavin) og B₁₂ (kobalamin) vitamin, i tillegg til C-vitamin og E-vitamin (Pereira, 2011). Sukkertare har også blitt vist å inneholde en del jern i varierende mengder, fra 50-150mg/kg tørrstoff. I de tilfellene hvor jerninnholdet er høyt (varierer med høstetidspunkt og vekstvilkår) vil tare også kunne bidra til jern i kostholdet, noe som vil være en positiv ernæringsmessig faktor. Jernmangel er den vanligste årsaken til anemi, og særlig utsatte grupper for anemi er menstruerende jenter, barn og gravide (Norsk helseinformatikk, 2017). Jerninnholdet i sukkertare vil dermed også bidra i positiv retning med tanke på næringsverdien til produktet.

Alger har evnen til å ta opp og konsentrere substanser fra sjøvannet, som jod og kalium, samtidig som de har et lavere saltinnhold enn vannet de vokser i (Indergaard, 2010). Dette er den viktigste egenskapen som gir taren det høye næringsinnholdet samtidig som et relativt lavt saltinnhold. Vanninnholdet i alger varierer mellom artene fra 75-90%. Det gir

et tørrstoffinnhold på 10-25%, men sammensetningen av tørrstoffet vil også variere mellom arter. Komposisjonen i tørrstoffet består som oftest av 45-75% karbohydrater inkludert fiber, 7-35% proteiner og <5% fett (Indergaard, 2010).

Kalori- og fettinnholdet i tare er svært lavt, og selv om karbohydratinnholdet er ganske høyt vil ikke dette tas opp da det hovedsakelig består av kostfiber. Kostfiber er gunstig for tarmens funksjon, og det har blitt vist en rekke fordeler ved å øke kostfiberinntaket. Kostfiberet i tare består nesten utelukkende av løselig fiber og har lenge blitt benyttet som geldannere og som ingredienser i lavkalori produkter. Det har imidlertid vært noe uenigheter angående om det forekommer negative bieffekter ved et høyt inntak av slike produkter, men generelt sett påstås det at kostfiber er gunstig for tarmens normalfunksjon (Jiménez-Escrig & Sánchez-Muniz, 2000) Askeinnholdet i kultivert sukkertare varierer fra 253 til 412 g/kg tørrstoff (Sharma et al., 2018). Tang og tare er også en viktig kilde til marine fettsyrer som omega-3, og marine dyrs innhold av disse fettsyrene skyldes hovedsakelig opptak av alger (Indergaard, 2010; Mouritsen, 2013).

2.5.1 Ernæringsmessige utfordringer knyttet til makroalger

Det anbefales å innta næringsmidler og kosttilskudd basert på makroalger med forsiktighet da det enda er knyttet stor usikkerhet til enkelte stoffer og grenseverdier av stoffene i tang og tare (Mattilsynet, 2019). Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning (NIFES) har undersøkt stoffer i makroalger som kan ha negative helseeffekter i de mest aktuelle algartene til bruk i næringsmidler og dyrefôr. Konklusjonen fra denne studien ble at de mest bekymringsverdige stoffene i tare er kadmiun, uorganisk arsen og jod (Lunestad, 2016).

For høyt inntak av uorganisk arsen kan føre til sykdommer som hud- og lungekreft, kadmiun kan føre til nyreskader, beinskjørhet og økt kreftrisiko mens jod kan påvirke skjoldbruskkjertelens normale virkning. Disse stoffene kan begrense hvor stort inntak av makroalger, og produkter basert på makroalger, som vil være anbefalt å innta på bakgrunn av mengden produktet inneholder av disse stoffene. Jodinnholdet synes å være det mest kritiske med tanke på humant konsum, særlig av brunalger, og det er mulig å få i seg dobbelt så mye som det øvre tolererbare inntaket ved å konsumere 1g av enkelte tørkede tarearter. Dette betyr at selv om tare inneholder en rekke gunstige stoffer som vitaminer og mineraler

må disse risikoknyttede stoffene tas med i betraktningen både ved produksjon og konsum av slike produkter. Det er fortsatt knyttet en del usikkerhet rundt dette på grunn av ukjent biotilgjengelighet og lite kunnskap om hva som skjer ved bearbeiding av makroalger og slike produkter (Mattilsynet, 2019).

2.5.2 Jodinnhold

Jod er et viktig næringsstoff som er særlig assosiert med skjoldbruskhormonene, disse er viktige i forbindelse med utvikling av hjernen og sentralnervesystemet, samtidig som de også regulerer stoffskiftet (Roleda et al., 2018). Jod spiller en viktig rolle fordi det er et nødvendig mineral for å kunne produsere de jodholdige hormonene tyroksin og trijodtyronin som regulerer metabolismen og vekstraten. Det anbefalte jodinntaket er på mellom 50-150 µg om dagen, dette varierer med alder og kjønn, og er særlig høyt hos gravide, hvor det anbefales 175-200 mg jod om dagen. Likevel anbefales det ikke å ha et jodinntak på over 600 µg (Nasjonalt råd for ernæring, 2016). Selv om Norge har en øvre toleransegrense for jod på 600 µg, finnes det andre land med betydelig høyere toleransegrenser. Både i USA og Japan spises det mer tare, og de har de også satt en høyere toleransegrense. I Japan er den øvre toleransegrensen hele 5 ganger høyere enn i Norge. Dette skyldes trolig tradisjonen for å konsumere produkter basert på makroalger, men de kan også ha utviklet en høyere toleranse for jod ved å ha blitt utsatt for en høyere grad av eksponering i flere generasjoner (Aadland, 2018).

Jodmangel var ikke uvanlig i Norge frem til 1950, da jod eller taremél begynte å tilsettes i kraftfôret til melkekyr. De mest vanlige kildene til jod i et norsk kosthold er melk og fisk, eventuelt også salt dersom det benyttes et jodberiket salt. Det har ikke vært utført systematiske undersøkelser av jodinntaket i Norge, men det er tydelige tall på at jodinntaket blant voksne varierer stort, og at mange kvinner får i seg for lite jod. Dette kan være problematisk særlig for fertile kvinner da de kan risikere å gå inn i et svangerskap med for lave jodnivåer for å opprettholde normal utvikling av fosteret. Blant gravide derimot, har jodinntak blitt nærmere undersøkt, og det ble i 2013 vist at over halvparten av de gravide inntok lavere mengder jod enn den anbefalte dagsdosen for gravide og ammende kvinner (Nasjonalt råd for ernæring, 2016).

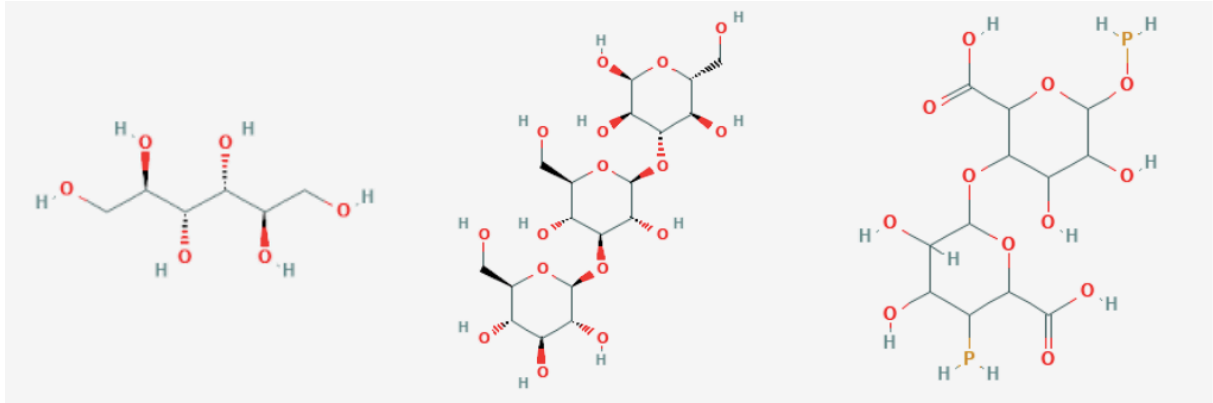
Det anslås at over 2 milliarder mennesker lider av jodmangel på verdensbasis, hvor Sør-Asia og Afrika sør for Sahara er særlig utsatt. Samtidig lider omtrent halvparten av europeere av mild jodmangel, og jodinntaket synker i mange industrialiserte land (Zimmermann, 2009). Jodmangel vil føre til at kroppen prøver å beholde mest mulig jod i skjoldbruskkjertelen og det produseres mindre av skjoldbruskkjertelhormonene. Som følger av dette blir stoffskiftet lavt og hos gravide kvinner kan dette gi fosteret alvorlige utviklingsforstyrrelser i hjernen og nervesystemet. Ved jodmangel kan skjoldbruskkjertelen kompensere for dette ved å vokse i størrelse, dette kalles struma (Helsedirektoratet, 2012).

Et høyt jodinntak, på den andre siden, er heller ikke gunstig. For høyt stoffskifte, hypertyreose, kan komme som følger av et for høyt jodinntak over tid. Dette skjer dersom det økte jodinntaket gir økt produksjon av skjoldbruskhormonene. Særlig utsatte grupper for hypertyreose er eldre, spedbarn, foster og personer som tidligere har hatt problemer eller sykdommer knyttet til skjoldbruskkjertelen (Leung & Braverman, 2014). Laminariaslekten, hvor sukkertare hører til har ikke tidligere blitt brukt som næringsmiddel i stor grad, dette kan skyldes utfordringer knyttet til det høye jodinnholdet. Sukkertare regnes som den beste akkumulatoren av jod blant alle levende organismer. Disse artene kan gjerne inneholde 3-10g jod/kg tørrvekt, i motsetning til andre arter, som inneholder 10 ganger mindre jod (Holdt & Kraan, 2011). Helsedirektoratet anbefaler å innta makroalger med forsiktighet da jodinnholdet i enkelte produkter kan være svært høyt (Helsedirektoratet, 2012).

2.6 Karbohydrater

Normalt sett vil 20-60% av tørrstoffinnholdet i tare bestå av karbohydrater, hvor de viktigste typene er sukkeralkoholen mannitol, som er en monomer, og polymerene laminarin og alginat. Strukturformel for disse molekylene vises i Figur 5 nedenfor. Mannitol og laminarin er lagringspolysakkarider, mens alginat er et strukturpolysakkarid. Mannitol er en sukkeralkohol av sukkermolekylet mannose, som finnes i cytoplasma og den kan utgjøre opp til 25% av tørrstoffet i sukkertare. Laminarin er en polymerisk glukose som finnes i kloroplastene og den kan utgjøre opp til 34% av tørrstoffet i sukkertare. Alginat er saltene fra alginsyren, disse er lineære polysakkarider som består av mannuronsyreblokker (M-blokker) og guluronsyreblokker (G-blokker). Ratioen mellom

G- og M-blokker vil bestemme hvilke funksjonelle egenskaper alginatet vil gi, det finnes derfor ulike typer alginat som har høy G:M- eller M:G-ratio som kan benyttes til ulike formål. Alginat kan utgjøre opp til 45% av tørrstoffet (Handå et al., 2009).



Figur 5: Strukturformler for de viktige sukkermolekylene i sukkertare, fra venstre: monomeren D-mannitol og polymerene alginat og laminarin (Pubchem).

Fucoidan og laminarin er polysakkarider som finnes i celleveggen til brunalger, disse kan inneha antioksidantegenskaper og er derfor også viktige karbohydrater fra sukkertare. Fucoidan er et sulfatert polysakkarid som inneholder store mengder fukose og sulfaterte estergrupper. Det er et lett tilgjengelig polysakkarid som har blitt stadig mer aktuell og mer forsket på grunnet de funksjonelle egenskapene det innehar (Li et al., 2008). De ulike algetyper inneholder ulike typer strukturpolysakkarider, hvor brunalger inneholder alginat (polyuronsyre), rødalger inneholder galaktaner som agar, agarose og karragenan, og grønnalger inneholder cellulose. Også lagringspolysakkaridene varierer mellom de ulike algegruppene. Hvor rødalger inneholder floridestivelse, et α -glukan som akkumuleres i cytoplasma, brunalger inneholder laminarin og mannitol mens grønnalgene inneholder stivelse (Indergaard, 2010).

2.7 Antioksidanter

Det har lenge vært kjent at tare og alger generelt kan inneha medisinske effekter, og det har blitt oppdaget gode antioksidantegenskaper i flere ulike tarearter. Samtidig er trenden at flertallet av forbrukere ønsker større andel naturlige antioksidanter fremfor syntetiske, som brukes mye i dag. Flere studier har vist at marine alger kan appliseres i næringsmidler for å hindre eller minske graden av oksidering (Chew et al., 2008; Wang et al., 2009; Yoshie-Stark & Suzuki, 2002). En rekke polyfenoliske komponenter har blitt funnet i brunalger

ved ekstraksjon. Florotanniner er en gruppe polyfenoler som finnes i brunalger og det er vist at disse kan inneha langt sterkere antioksidantkapasitet enn fenoler ekstrahert fra landplanter. Florotanniner finnes bare i brunalger og er en gruppe tanniner som foreløpig er lite forsket på. Andre komponenter funnet i tare som er av interesse med tanke på antioksidantegenskaper er først og fremst sulfaterte polysakkarider som fucoidan og karotenoider som fukoxantin (Wang et al., 2009).

Den viktigste egenskapen til antioksidanter er evnen til å nøytralisere reaktive oksygenforbindelser og frie radikaler for å motvirke de potensielt skadelige oksidasjonseffektene. Dersom det oppstår for høy grad av reaktive oksygenforbindelser samtidig med utilstrekkelig antioksidantkapasitet vil det kunne forekomme oksidativ skade på molekyler. Et viktig bruksområde for antioksidanter er å hindre ødeleggelse av næringsmidler ved oksidasjon, som fører til kvalitetsforringelse ved harskning. Oksidering av fett er en av de viktigste og mest problematiske kvalitetsforverrende problemene i næringsmiddelindustrien. Antioksidanter kan hindre eller begrense den oksidative skaden ved å hindre at det dannes frie radikaler, fjerne de før de utgjør skade, reparere oksidative skader eller fjerne de skadede komponentene (Karlsen, 2010).

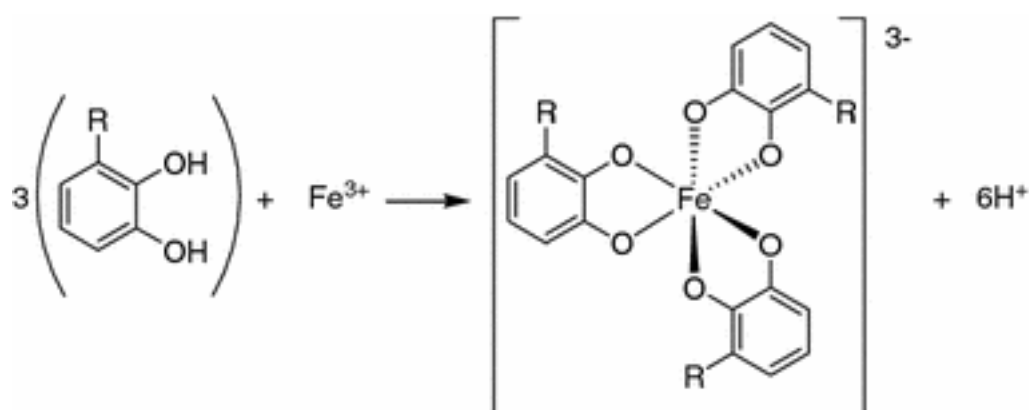
Måten tare kan takle reaktive oksygenforbindelser på er å utnytte seg av det høye antioksidantinnholdet eller å øke aktiviteten til antioksidantene som finnes. På bakgrunn av miljøet taren vokser i trenger den å kunne forsvare seg mot ulike farer og har derfor stor variasjon mellom antioksidantene den innehar, det kan være karotenoider, sulfaterte komponenter, fenoler, vitaminer og mineraler. Selv om de fleste tarearter innehar relativt høy antioksidantkapasitet vil ikke dette nødvendigvis gi den antatte effekten når taren konsumeres av mennesker. Dette kan skyldes mengden som inntas, men også biotilgjengeligheten til antioksidantaktiviteten (Bhattacharjee & Islam, 2014). Forholdene mellom antioksidanter og hvordan forholdene legger til rette for disse vil spille en viktig rolle for antioksidantreaksjonen i komplekse systemer.

Det har blitt observert at den viktigste kilden til antioksidantkapasiteten i sukkertare er innholdet av sulfaterte fukaner (Jiménez-Escrig et al., 2015). De sulfaterte polysakkaridene, som fucoidan i brunalger, har vist mange fordelaktige biologiske egenskaper som antikoagulerende midler, antioksidanter og antikarsinogener. De reaktive

oksygenforbindelsene kan gjøre skade på kroppen ved å angripe ulike molekyler som DNAet og membranlipider. Dersom dette skjer kan det føre til sykdommer og lidelser som kreft, diabetes og inflammatoriske skader (Wijesekara et al., 2011).

Det finnes flere ulike måter en antioksidant kan virke på, en type reaksjon er å binde opp prooksidanter i form av metaller, altså chelatere ioner som jern og kopper, dette vises i Figur 6 nedenfor (Bhattacharjee & Islam, 2014; Perron & Brumaghim, 2009). Denne mekanismen vil kunne være en gunstig faktor ved bruk av tare i dyrefôr da dette kan redusere graden av autooksidasjon i kjøttprodukter og virke som en oksidativ stabilisator. Jernchelateringsevne vil være en positiv egenskap i næringsmiddelprodukter.

Å tilsette antioksidanter til muskelmat gjennom fôret eller ved direkte tilsetning med det formål å forlenge holdbarheten på produktet har fått stadig mer oppmerksomhet de siste årene. Det har blitt rapportert at å tilsette et ekstrakt som inneholder fucoidan og laminarin i fôret til griser ga positive effekter både på dyrehelsen og kjøttkvaliteten etter slakting, det ble observert mindre grad av oksidasjon. Både spraytørkede og våte ekstrakter ble benyttet, hvor de spraytørkede viste å gi best effekt på oksidasjonsraten. Derimot ble det funnet at dersom det samme ekstraktet tilsettes kjøttet etter slakting ville det føre til større grad av oksidasjon og det oppstod en rødhet på kjøttoverflaten (Moroney et al., 2015).



Figur 6: Polyfenoler kan inneha antioksidantegenskaper som kan binde jernioner eller andre transisjonsmetaller (Perron & Brumaghim, 2009).

Oksidativt stress kan ses på som en ubalanse mellom prooksidanter og antioksidanter i et system. Prooksidanter kan defineres som noe som induserer oksidativt stress ved enten å produsere reaktive oksygenforbindelser eller inhibere et eksisterende antioksidantsystem.

Transisjonsmetaller som magnesium, jern, kobber og sink er en type prooksidanter som er å finne i brunalger. Måten disse fungerer på er at de fører til overproduksjon av reaktive oksygenforbindelser. En del av flavonoidene som innehar antioksidantegenskaper har blitt vist å også kunne virke som prooksidanter dersom transisjonsmetaller også er tilstede (Rahal et al., 2014).

Yoshie-Stark og Suzuki (2002) gjennomførte et forsøk hvor to ulike brunalger, *Undaria pinnatifida* (*U. pinnatifida*) og *Hizika fusiformis* (*H. fusiformis*), ble analysert for innhold av polyfenoler samt for antioksidantaktivitet og prooksidantaktivitet. De ulike polyfenoliske komponentene ble også testet hver for seg for anti- og prooksidative egenskaper. Det ble ikke funnet noen sammenheng mellom evnen til å chelatere jern og innholdet av peroksid i prøvene i denne studien. I de ulike polyfenolene derimot ble det vist at catechin økte nivåene av peroksid og vil fungere som en prooksidant under disse forholdene. Ved tilsetning av kobberkatalysator ble peroksidnivåene målt ved både pH 5 og 7,4. Ved begge disse pH-verdiene viste *H. fusiformis* nedgang i peroksidnivåer. Konklusjonen fra dette forsøket ble at fraksjoner fra brunalger kan fungere både som anti- og prooksidanter under ulike forutsetninger (Yoshie-Stark & Suzuki, 2002). Dette er et interessant funn og bør tas med i betraktningen ved undersøkelse av antioksidantegenskaper i brunalger. I komplekse næringsmidler vil det være mange ulike komponenter og elementer tilstede. Det faktum at enkelte polyfenoler kan fungere både som antioksidanter og som prooksidanter under ulike forhold vil være avgjørende bakgrunnskunnskap for å kunne benytte dem som antioksidanter i næringsmidler.

2.8 Miljøaspekter

Det finnes mange positive aspekter ved tareindustrien, både med tanke på miljøgevinster og som produksjon av et næringsmiddel rikt på næringsstoffer og funksjonelle komponenter. Makroalger kan generere mellom 2 og 14 kg organisk karbon på årlig basis, mens landplanter bare kan generere opp mot 1 kg karbon i året. Det sies at alger som en helhet står for produksjonen av 90% av oksygenet i atmosfæren vår, noe som tilsier at alger har en svært stor påvirkning på det globale økosystemet. Dette skyldes blant annet den store biomasseproduksjonen enkelte alger kan ha over kort tid, det finnes for eksempel noen brunalger som kan vokse opp til en halv meter om dagen (Mouritsen, 2013).

Tare spiller også en viktig rolle for andre levende organismer. Både skjell, svamper, krill og andre organismer får i seg næring ved at de filtrerer vann som inneholder små biter av alger. Andre dyr som snegler, kråkeboller og herbivore fisker spiser alger direkte. Dette er fisker som igjen kan spises av andre karnivore fisker og alger vil i løpet av et par steg kunne komt høyt opp i næringskjeden. Tare vil på bakgrunn av dette være et godt alternativ som næringsmiddel sett fra et miljøperspektiv. Tareskoger vil også skape et godt miljø for fisker og andre dyr som lever i sjøen, det gir gode gjemmesteder og beskyttelse for vær og vind. En annen viktig rolle tareskogene har er å ta opp miljøgifter og på denne måten fungere som dekontaminanter (Mouritsen, 2013). På bakgrunn av dette er det viktig å ikke overhøste de etablerte tareskogene i sjøen, men å finne en god balanse mellom dyrking, høsting og å eventuelt høste allerede etablerte tareskoger.

Integrert multitrofisk akvakultur (IMTA) er et begrep som har blitt mye diskutert i det siste, og her kan det finnes en del løsninger og synergiske effekter for fremtidig havbruk. IMTA er en måte å sirkulere biologiske ressurser på, hvor flere arter samdyrkes for å oppnå et balansert økosystem. Fordeler ved å benytte seg av et slikt system er å oppnå redusert miljøpåvirkning og best mulig utnyttelse av ressurser. Dersom et tare dyrkingsanlegg forbindes med et fiskeoppdrettsanlegg hvor fisken tar opp næring og skiller ut proteiner i oppløst form, kan disse tas opp av taren og øke produksjonen av biomasse fra tareproduksjonen. Det vil da være mulig å tilsette denne biomassen i fiskeforet igjen, for å få et fullstendig kretsløp, men den kan også benyttes til andre formål og human ernæring (Karlsson-Drangsholt et al., 2017).

2.8.1 Fototrofe organismer

Alger benytter seg av fotosyntese for å konvertere sollys til kjemisk energi som omformes til glukose, som er algenes hovedkilde til karbohydrater. Den fotosyntetiske prosessen benytter seg av karbondioksid fra vannet og produserer oksygen, som vil slippes ut igjen i vannet og ende i atmosfæren. Når algene ikke har tilgang på sollys vil de ikke drive fotosyntese men ta opp oksygen, bryte ned glukose og produsere karbondioksid, likevel vil stort sett fotosyntesen være den dominerende prosessen i alger. Algene har en større kapasitet til å drive fotosyntese ved lavere tilgang på sollys enn det landplanter har. Mange algearter vokser på steder hvor de har optimal tilgang på næringsstoffer, sollys, temperatur og andre substrater. Dersom det er svært klart vann vil algene kunne vokse på dypere vann,

mens i grumsete vann vil de bare vokse nærmere vannoverflaten. Det har blitt observert vekst av en rødalge på hele 268 meters dyp, hvor bare 0,0005% av sollyset vil nå. Dette bekrefter at alger har svært god evne til å bedrive fotosyntese selv ved lav tilgang på sollys (Mouritsen, 2013).

2.9 Domestisering og kultivering av tare

I 2017 ble det dyrket nesten 15 millioner tonn makroalger på verdensbasis, og rundt 90% av makroalgene som utnyttes kommer fra dyrking, altså ikke fra høsting av ville tarebestander (Dalen, 2009). Domestisering av marine arter har hovedsakelig skjedd siden starten av 2000- tallet, likevel er vekstraten til domestisering av marine planter og alger omtrent 100 ganger så stor som den til landplanter. Det finnes et stort potensial for å utnytte biomassen fra havet på en bedre måte enn det som tidligere har blitt gjort. En viktig fordel ved humant konsum eller produksjon av dyrefôr av marine planter og alger er at svært få av dem er giftige, eller har evne til å utvikle sykdommer og patogener som kan overføres til mennesker og husdyr. En utfordring ved dyrking av makroalger er at det kan forstyrre eller ødelegge biodiversiteten i havmiljøene og utrydde andre arter enn de domestiserte artene som dyrkes. Det er mange dyr og planter som lever i et samspill og en økologisk balanse sammen med algene. Det er likevel liten grunn til å tro at dette vil bli et problem som er vanskelig å løse. Tradisjonelt sett har det ikke blitt dyrket alger i stor grad i Europa, dette skyldes trolig at det aldri har vært en foretrukket matkilde (Mouritsen, 2013).

Tare dyrkes i dag stort sett på taustrukturer langs kysten, hvordan sukkertare vokser på taustrukturene er vist i Figur 7 nedenfor. Den største andelen av biomasseproduksjonen på verdensbasis forekommer i Asia, hvor de også har høyest konsum av alger. Der er tareindustrien imidlertid lite utviklet og preget av mye fysisk arbeid i forhold til europeiske tare dyrkingsanlegg. I Europa har bruken av tare frem til nylig hovedsakelig stammet fra høsting av naturlige bestander. Trolig er det gode forhold til å dyrke tare lange størsteparten av norskekysten grunnet klart vann med god vannstrømning og generelt gunstige vekstvilkår. De viktigste faktorene for vekst hos tare er lystilgang, næring, strømninger i sjøen og temperatur, og det er også disse faktorene som kan være de begrensende (Handå et al., 2009).



Figur 7: Bildet viser høsting av suk kertare. Bildet viser også hvor stort volum som vokser på taustrukturene (Seaweedenergysolutions).

For å lykkes med å dyrke tare i en industriell skala trengs det en god kimplanteproduksjon av de aktuelle artene som skal dyrkes. Nye stiklinger for produksjon av tareplanter må kunne settes i sjøen ved behov og det vil bli avgjørende med en mekanisering og automatisering av store deler av denne prosessen. Dersom tareproduksjonen skal bli økonomisk lønnsom i Norge kan den ikke være avhengig av fysisk arbeidskraft i stor grad. Det må også benyttes gode lokaliteter til dyrkingen hvor taren får riktige vekstforhold for å kunne optimalisere selve veksten. Høstetidspunktet vil også være en vesentlig faktor, da for tidlig høsting vil føre til liten biomasse, mens ved for sein høsting vil taren kunne være begrodd av epibionter (påvekster). Dette vil føre til at tarebladene blir skjøre og gjerne sprøere, noe som gjør at de ikke lenger er like bevegelig og vil raskere bli revet bort ved storm og andre ytre påvirkninger. Tareblader som er pågrodd av epibionter vil heller ikke være positivt verken for produktets utseende eller sensoriske egenskaper ved bruk til humant konsum. På bakgrunn av at taren som biomasse høster næringsalter fra det området den vokser i er det også viktig at det kartlegges om tare dyrking på enkelte områder vil kunne påvirke miljøet rundt dyrkingsanlegget (Handå et al., 2009). Det er mange ting som må ta stilling til ved å sette ut et dyrkingsanlegg for tare, og det utvikles stadig bedre løsninger for tare dyrking som følger av veksten i næringen.

Det har de siste årene oppstått en økende interesse for dyrking av makroalger i Norge. I 2014 var det 54 tillatelser til å dyrke alger i Norge, mens i slutten av 2017 hadde det blitt tildelt hele 309 tillatelser til dyrkning. Foreløpig er det bare sukkertare og butare det finnes tilstrekkelig kunnskap om livssyklusen og vekstvilkårene til for å kunne dyrkes. Andre arter det skjer en voksende interesse for er søl og fingertare, det er midlertid startet dyrkningsforsøk med disse artene og det vil derfor trolig komme dyrking av dem etter hvert. Taren som dyrkes i industriell skala i Norge går hovedsakelig til næringsmidler, og foreløpig er hovedmarkedene restauranter og nisjeprodusenter av næringsmiddelprodukter (Solsletten, 2018).

2.9.1 Lagring og behandling av taren etter høsting

Det korte holdbarhet av tare etter høsting skyldes gjerne biologisk nedbryting av komponenter, noe som vil føre til degradering av den generelle kvaliteten. Moen (1997) gjennomførte et lagringsforsøk for å finne ut hvilke faktorer som er de viktigste for degraderingsraten av to ulike brunalger, *L. hyperborea* og *Ascophyllum nodosum* (*A. nodosum*). Alginat er den dominerende strukturgivende komponenten i brunalger, i motsetning til lignin i landplanter, dette fører til at brunalger vil degraderes i løpet av mye kortere tid enn landplanter. Mannitol er en annen lett nedbrytbar komponent som vil bidra til rask degradering av biomassen (Moen, 1997).

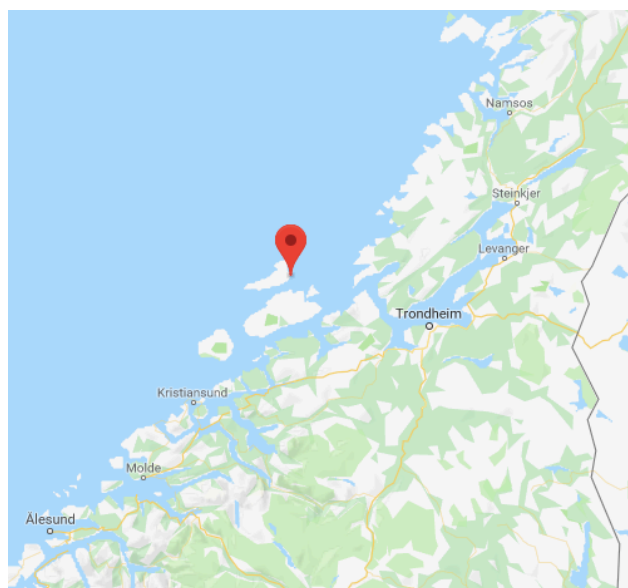
Hovedresultatene fra Moen (1997) sitt forsøk viste at *L. hyperborea* ble degradert hurtigere enn *A. nodosum*, denne forskjellen kan forklares med ulikt innhold av polyfenoler, da polyfenolene vil senke degraderingsraten. Polyfenolene ble vist å inhibere mikrobielle reaksjoner og undertrykke degraderingsprosessen i en viss grad. Anaerob og aerob degradering av alginater viste samme rate for begge artene etter at effektene fra polyfenoler var ekskludert. Mannitol er et monosukker som ikke trenger å hydrolyseres, dette var derfor lett tilgjengelig som et substrat for mikroorganismer, og ble hurtig brutt ned i alle prøvene. Nedbrytingen av alginat skyldes trolig løselige alginatlyaser. Slike alginatlyaser har en høy affinitet for guluronsyre i vevet i brunalgene, men likevel ble det observert høyere grad av guluronsyre i det gjenværende alginatet. Trolig kan dette forklares med at de kalsiuminduserte guluron-sonene i gelen vil stabilisere vevet og hindre ytterligere degradering (Moen, 1997).

Disse degraderingsprosessene vil være en utfordring i tareindustrien, og flere metoder har blitt prøvd ut for å kunne forlenge holdbarheten. Lagring i sjøvann etter høsting og før videre prosessering har som tidligere nevnt blitt en vanlig prosedyre for å unngå degradering og for å senke raten av nedbryting av biologiske komponenter (Stévant et al., 2017). Det har blitt gjennomført et lagringsforsøk av Paull og Chen (2008) på rødalger fra slekten *Gracilaria* høstet på Hawaii. Dette forsøket viste at ved lagring i polyetylenposer ved 22°C holdt den seg fersk og beholdt tilstrekkelig god kvalitet i omtrent tre dager, etter dette startet fargen å endre seg og den generelle kvaliteten ble etter dette ansett som uakseptabel for salg. Ved temperaturer på 15-20°C ved lagring i polyetylenposer holdt kvaliteten seg på et tilstrekkelig nivå i opptil fire dager. Ved lagring i polyetylenposer ved temperaturer 10-12,5°C skjedde det en større grad av utlekking av ioner enn ved 15-20°C, hvilke ioner ble ikke nevnt. Det ble som følger av dette funnet diskutert at en mulig forklarende grunn kan være kjøleskader på membranen som fører til ytterligere utlekking av ioner. Forsøket ble gjennomført på en tropisk rødalge som gjerne trives ved høyere temperaturer enn alger som vokser langs Norskekysten. Det ble også vist at lys stimulerer respirasjonsraten, og at lagring i mørket ga taren bedre holdbarhet enn lagring i lys. De fant også at dersom algen ble oppbevart i mørket og var fullstendig omgitt av sjøvann med en temperatur på 17°C holdt kvaliteten seg god, uten fargeendringer i over 30 dager (Paull & Chen, 2008).

3 Materialer og metoder

Sukkertaren benyttet i denne oppgaven har blitt kultivert og produsert hos Seaweed Energy Solutions AS (SES) i Trondheim. SES har et kultiveringsanlegg hvor det dyrkes tare utenfor Hamarvika på Frøya, der ble taren til denne oppgaven høstet. Figur 8 nedenfor viser på kartet hvor dette kultiveringsanlegget ligger, koordinatene er som følger: N63° 42.279' E8° 52.232'.

Sporene til dyrking av taren blir funnet i sori i bladene fra morplanter. Disse høstes gjerne tidlig på året og sori kan ses som et mørkt parti på bladene. Morplantene til de høstede prøvene ble tatt opp fra SES sitt anlegg på Frøya 14.5.2018, disse ble deretter fraktet til laboratoriet hvor de gjennomgikk en prosess som kalles «conditioning». Dette er steget som gjør at de fertile soriene bringes frem. Først 5.7.2018 ble planten stresset, noe som førte til at soriene slapp sporene sine. Sporene stod deretter i en inkuberingskultur i omtrent 20 dager før de ble sådd på 6mm polyesterliner 27.7.2018 (Lavik, 2019).



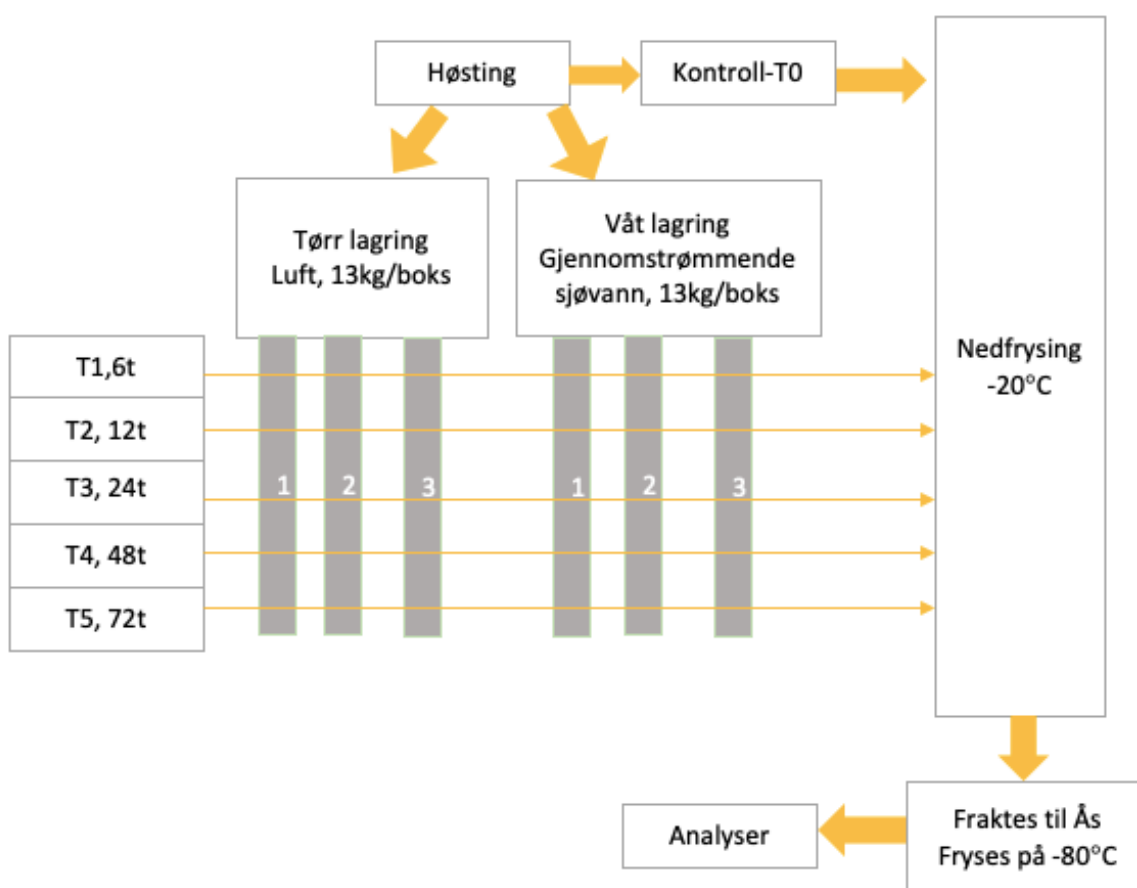
Figur 8: Geografisk beliggenhet for kultiveringsanlegget til SES, hvor sukkertaren til denne oppgaven ble høstet.

Etter litt over 7 uker med vekst på land hadde plantene vokst til å bli små stiklinger med en gjennomsnittlig størrelse på 3,66cm og de ble 16.9.2018 fraktet til sjø og satt ut på vekstanlegget ved Frøya. Plantene må ha vokst tilstrekkelig før de settes i sjøen for at de skal være godt nok festet til tauet og tåle påkjenningene som finnes ved vekst i sjø (Lavik, 2019). Taren ble deretter høstet 18.2.2019, det ble foretatt en tidlig høsting av sukkertaren for å sikre biomasse til å gjennomføre denne oppgaven. Høsting av taren foregikk mer manuelt enn SES ville gjort det i den egentlige høstesesongen, dette fordi det var relativt små mengder sukkertare som ble høstet. Vanligvis høstes sukkertare i løpet av april og mai, dette gjør at ved høsting i februar vil mengden biomasse per meter tau være betraktelig

lavere enn ved reell høsting. Tarebladene vil være kortere, tynnere i tverrsnittet og ikke vokse like tett på et så tidlig tidspunkt. Når tauene settes ut i sjøen festes tauene med fastgrodde tarestiklinger horisontalt på et rammeverk av liner/tau og bøyer. Dyrkningsanlegget til SES utenfor Hamarvika på Frøya er en lokalitet som egner seg godt for vekst av makroalger. Viktige faktorer for vekst er tilgang på sollys og næringsalter da taren tar opp alt den trenger ved direkte kontakt med vannet rundt den.

3.1 Lagringsforsøk

Det ble gjennomført et lagringsforsøk hvor taren ble lagret ved ulike forhold ved ulik lengde tid. Figur 9 nedenfor viser et flytskjema som illustrerer de to ulike lagringsmetodene, tre bokser fra hver gruppe og fem ulike prøvetakingstidspunkter.



Figur 9: Flytskjema over lagringsforsøket, det ble tatt ut prøver fra alle boksene, 3 bokser for hver lagringsmetode, ved 5 ulike prøvetakingstidspunkter Det ble også tatt ut en kontrollprøve før oppstarten av lagringsperioden.

Taren ble høstet og brakt i land, deretter ble den veid inn i 130 liters bokser. Det ble veid inn omtrent 13kg tare i hver boks, dette ble benyttet da det skal simulere den faktiske tettheten taren oppbevares ved i løpet av SES sin høstperiode. Det ble benyttet lagring i gjennomstrømmende sjøvann som den ene lagringsmetoden, hvor en sjøvannspumpe sørget for kontinuerlig sirkulering av vann i boksene. Den andre gruppen var tørr lagring, hvor taren ble lagt i bokser med lokk på, omgitt av luft. For hver av disse lagringsmetodene ble det benyttet 3 ulike bokser for paralleller. Det ble underveis i forsøket observert at forholdene i disse boksene var like når det gjelder temperatur, tetthetsgrad, lysforhold og vanngjennomstrømning der det var tilfellet, disse parallellene ble derfor ikke benyttet som ulike paralleller til videre analyser.

Prøvetaking fra de ulike boksene ble gjort ved tidspunktene 6, 12, 24, 48 og 72 timer etter høsting, som vist i Figur 9. Ved hvert prøvetakingstidspunkt ble det veid inn omtrent 8g sukkertare i 7 plastposer fra hver boks. Dette tilsvarer 21 poser fra hver lagringsmetode ved hvert tidspunkt. Det var viktig for å unngå ulik tetthetsgrad at det initiale volumet sukkertare i hver boks var stort nok til at prøveuttakene ikke ga særlig effekt på tettheten i boksene. Det ble tatt ut hele, litt mindre blader og deler av de litt større bladene for å oppnå et representativt utvalg av blader til analysene. Prøvene ble konsekvent tatt ut fra midten av boksene, dette for å kunne analysere forholdene mesteparten av taren vil ha hatt etter endt lagring. I boksene med tørr lagring vil de øverste tarebladene i større grad tørke inn enn bladene fra midten av boksen, disse ble derfor unngått ved prøveuttak. Det samme gjelder ved lagring i gjennomstrømmende sjøvann, hvor det kan være mulig at de øverste bladene ikke har vært fullstendig omgitt av sjøvann under hele lagringsperioden. Det ble deretter gjennomført en fargemåling på alle prøvene før de ble fryst ned ved -20°C, dette forklares i et eget avsnitt senere.

Vanngjennomstrømningen i boksene med våt lagring ble kontrollert ved hvert prøvetakingstidspunkt. I samarbeid med ansatte i SES ble det bestemt at et intervall på 4-6 dl/min vil være en tilstrekkelig vanngjennomstrømning. Dette tilsvarer 1,6-2,4L/min. I løpet av den totale lagringsperioden på 72 timer utgjør dette til sammen 6912-10368 liter sjøvann som strømmet gjennom hver lagringsboks. Dersom denne på et tidspunkt gikk utenfor det bestemte intervallet ble dette justert ved å skru på ventilene tilkoblet slangene.

Det var tenkelig at tidevannet kunne spilt inn på mengden vann som ble pumpet inn, dette ble ikke observert.

Ved endt forsøk ble taren som hadde blitt lagret uten vann veid på nytt for å finne ut om det har skjedd noen endringer, og hvor mye vann og eventuelt andre komponenter som har lekket ut av råstoffet i løpet av lagringsperioden. Det ble også tatt ut prøver av drypptapet som ble igjen i boksene etter taren hadde blitt tatt ut, ved endt lagringsperiode. Disse prøvene ble tatt vare på for å kunne gjennomføre analyser på hva som eventuelt forsvinner fra sukkertaren ved utlekking etter en lagringsperiode på 72 timer. Utlekking av væske som inneholder en del løselige komponenter fra sukkertare er et kjent fenomen og det starter å utsondres en brunaktig væske allerede kort tid etter høsting. Dette skjer som en respons på at taren utsettes for stress, noe som gjerne finner sted i forbindelse med høsting, dette regnes som en aktiv fysiologisk prosess (Stévant et al., 2017).

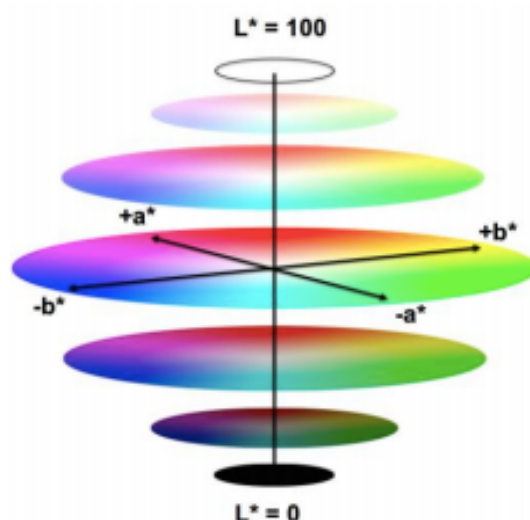
3.2 Sensorisk/Fysisk Kvalitetsbedømmelse

Ansatte fra Seaweed Energy Solutions ble benyttet for å kvalitetsvurdere taren underveis i lagringsforsøket. Det ble gjennomført en enkel vurdering basert på hvordan sukkertaren så ut, luktet og følte med tanke på teksturen. Det ble ikke benyttet et trent panel, og antallet personer som vurderte kvaliteten på sukkertaren varierte gjennom forsøket. Dette ble likevel gjennomført for å undersøke om det skjedde store sensoriske eller fysiske endringer på råstoffet mellom de ulike prøvetakingstidspunktene.

3.3 Fargemåling

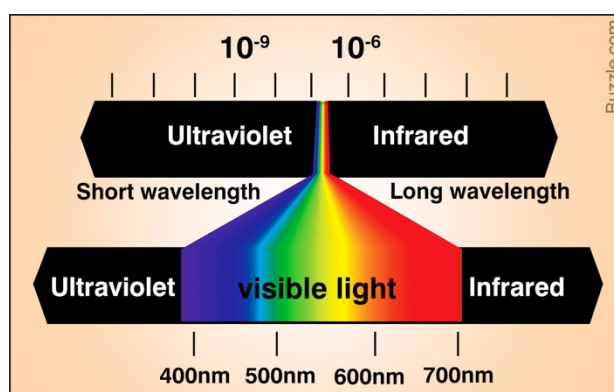
Ved hvert prøvetakingstidspunkt i løpet av lagringsforsøket ble fargen målt på samtlige prøver som ble tatt ut. Fargen ble målt ved bruk av spektrofotometeret CM700D (KONICA MINOLTA) sammen med programvaren SpectraMagic NX. Spektrofotometeret ble kalibrert før hver sesjon med fargemåling (hvert prøvetakingstidspunkt), og målingen av sukkertaren ble gjennomført i en gjennomsiktig plastpose med en svart eske som bakgrunn. Den samme bakgrunnen og samme lokasjon ble benyttet ved alle målingene. Det ble gjennomført to separate målinger på to ulike steder fra hvert tareblad som ble fryst inn. Dette ble gjort da fargen ikke er jevn over hele tarebladet, og noen steder på bladene var tykkere enn andre, og dermed mørkere i fargen.

Det ble benyttet CIE $L^*a^*b^*$ fargeskala, denne er mye brukt og kalles gjerne bare LAB. Denne modellen ble anbefalt av den internasjonale kommisjonen for belysning (CIE) i 1976. Fargen blir ifølge denne modellen uttrykt gjennom tre kanaler, L^* , a^* og b^* , dette illustreres i Figur 10. Hvor L^* definerer lyshet, hvor 0 tilsvarer svart og 100 tilsvarer hvit, a^* definerer fargen mellom rød og grønn, hvor +a betyr rødere og -a betyr grønnere, b^* definerer fargen mellom gul og blå, hvor +b betyr gulere og -b betyr blåere (Sappa Fine Paper North America America, 2013).



Figur 10: Figuren viser hvordan de tre ulike kanalene, fargeparameterne L^* , a^* og b^* , tilsammen kan definere en farge (Sappa Fine Paper North America 2013)

Det ble også gjennomført spektermålinger fra bølglengdene 360-740 nm for prøvene med sukkertare.. Figur 11 viser hvilke bølglengder som hører til innunder ultrafiolett, synlig lys og infrarød. Menneskeøyet kan observere synlig lys fra bølglengder på omtrent 380-780nm. Dette spekteret er kontinuerlig, og det finnes ingen klare skiller mellom de ulike fargene (Nirmal, 2018).



Figur 11: Figuren viser hvilke bølglengder de ulike fargene har, og hvilket spekter menneskeøyet kan observere (Nirmal, 2018).

3.4 Absorbansmåling av drypp

Det ble også målt absorbans i drypptapet for å kunne sammenligne eventuelle funn med resultater fra andre analyser for deteksjon av stoffer i dryppet. Dryppet ble fortynnet med destillert vann til ulike fortynningsfaktorer fra 10-200x fortynning. De ulike fortynnete konsentrasjonene ble overført til en kvartskyvette (Starna Scientific Ltd., Essex) og absorbansen ble lest av i spektrofotometeret UV-1800 (Shimadzu, Kyoto, Japan) for

bølgelengdene 290-740 nm. Det ble i dette tilfellet både benyttet både spekteret for synlig lys og UV-spekter for å kunne få et bredere bilde, og en bedre forståelse for hva som finnes i drypptapet. Resultatene ble lest av i programvaren UV Probe Software.

3.5 Tørrstoffinnhold

Forholdet mellom vann og tørrstoff i taren vil være nyttig informasjon, både i seg selv men også med tanke på flere analyser. Det kan brukes for å standardisere resultater dersom det vises at prøvene innehar ulike tørrstoffinnhold. Det ble på bakgrunn av dette gjennomført en tørrstoffanalyse. Det ble veid inn omtrent 3,0g tare i aluminiumskåler, disse ble tørket i et varmeskap (VENTI-Line, VWR) ved 102°C i ca. 40 timer. Det ble tørket to paralleller fra hver prøve og forsøket ble gjennomført to ganger. Etter prøvene var fullstendig tørre ble skålene satt i en eksikkator for nedkjøling, en eksikkator benyttes for å hindre at det blir tatt opp fuktighet fra luften. Skålene ble til slutt veid på nytt og tørrstoffinnholdet ble regnet ut ved bruk av formelen:

$$Tørrstoffinnhold (\%) = \frac{Tørrvekt (g)}{Våtvekt (g)} * 100$$

3.6 Evne til å binde jern- Ferrous Ion Chelating activity (FICA)

Denne analysen ble gjennomført for å analysere om sukkertaren har evne til å binde jernioner, og med det inhibere dannelsen av Fe²⁺/ferrozine komplekset, og om denne evnen påvirkes av lagringsmetode og tiden den lagres etter høsting. Chelateringsaktiviteten ble analysert med et utgangspunkt i metoden utviklet av Decker og Welch (1990) og (Wang et al., 2009). Denne metoden ble gjennomført med en del modifiseringer for å kunne benyttes på disse prøvene.

Det ble veid inn 1g sukkertare i to 15 ml falconrør for hver prøve, hvor en prøve skal fungere som standard og den andre som prøve. Det ble deretter tilsatt 9ml av en 60% metanol løsning (Emsure, Sigma Aldrich, Germany) før denne blandingen ble homogenisert ved bruk av en ULTRA-TURRAX T25 basic (IKA-WERKE). Etter dette ble det tilsatt 0,009g etylendiamintetraacetat (EDTA) (VWR, Batch 09D060021) i røret som skal fungere som standarder. EDTA er en god chelator som binder uorganisk jern, denne kan derfor fungere som en standard, alts en referanse for fullstendig chelatering. Prøvene

ble satt på vannbad (TW20, Julabo) ved 40°C i to timer, rørene ble i løpet av denne perioden ristet godt hvert 20. minutt. Etter dette ble innholdet fra falconrøret med standard overført til ett eppendorfrør, mens falconrøret med prøve ble overført til to eppendorfrør, som senere skal benyttes som en prøve og en standard. Disse tre eppendorfrørene ble deretter sentrifugert ved 7800G i ti minutter på en himac CT15RE sentrifuge (VWR, Hitachi Koki Co., Ltd.). Videre i analysen fungerte disse 3 eppendorfrørene som prøve, standard og kontroll.

Det ble laget til fire nye eppendorfrør for prøve, standard, blank og kontroll, i disse ble det pipettert ulike mengder av de ulike reagensene som vist i Tabell 3.

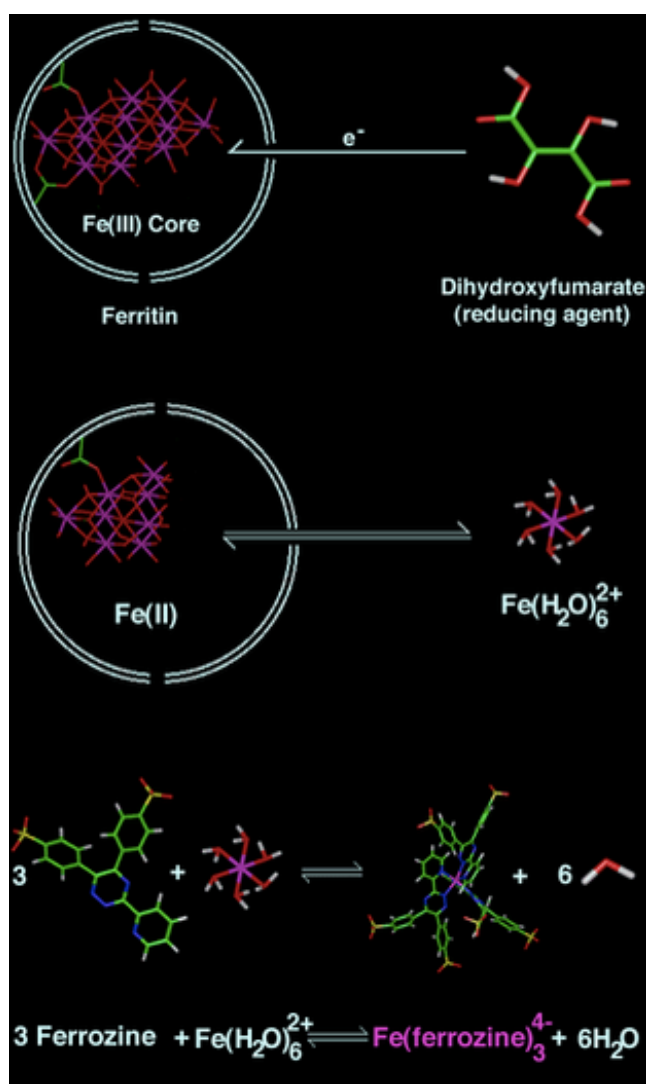
Tabell 3: Oversikt over hvilke reagenser som ble tilsatt i de ulike rørene under jernchelateringsanalysen.

	Vann	FeCl₂	Ekstrakt/Løsemiddel	Ferrozine
Prøve	600µl	150µl	600µl E	150µl
Standard	600µl	150µl	600µl E	150µl
Blank	750µl	150µl	600µl E	-
Kontroll	600µl	150µl	600µl LM	150µl

FeCl₂ løsningen som ble brukt var på 0,05 mM (Cl₂Fe4H₂O, Alfa Aesar GmbH & Co KG, Lot: H16W006). Ekstraktene som ble tilsatt var for prøve og blank pipettert fra eppendorfrøret «prøve», mens standard ble tilsatt ekstrakt fra «standard» eppendorfrøret, tilsatt EDTA. Kontroll ble ikke tilsatt ekstrakt, men bare løsemiddelet 60% metanol.

Det ble til slutt tilsatt 150µl av en 2,5mM løsning av jernchelatoren ferrozine (3-(2-Pyridyl)-5,6-diphenyl-1,2,4-triazine-p,p'-disulfonic acid monosodium salt hydrate) (Sigma-Aldrich Lot #BCBZ4808) i prøve, standard og kontroll. Ferrozine ble altså tilsatt i alle rørene bortsett fra den som skal fungere som blank. Eppendorfrørene ble deretter ristet i 1 minutt ved styrke 5 på en Vortex Genie 2 (Scientific Industries). Til slutt ble det pipettert 250µl fra hvert eppendorfrør i 3 ulike brønner i en mikrobrønnplate, før absorbansen ble lest av ved 560nm i en Synergy H4 Hybrid Microplate Reader (BioTek, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan).

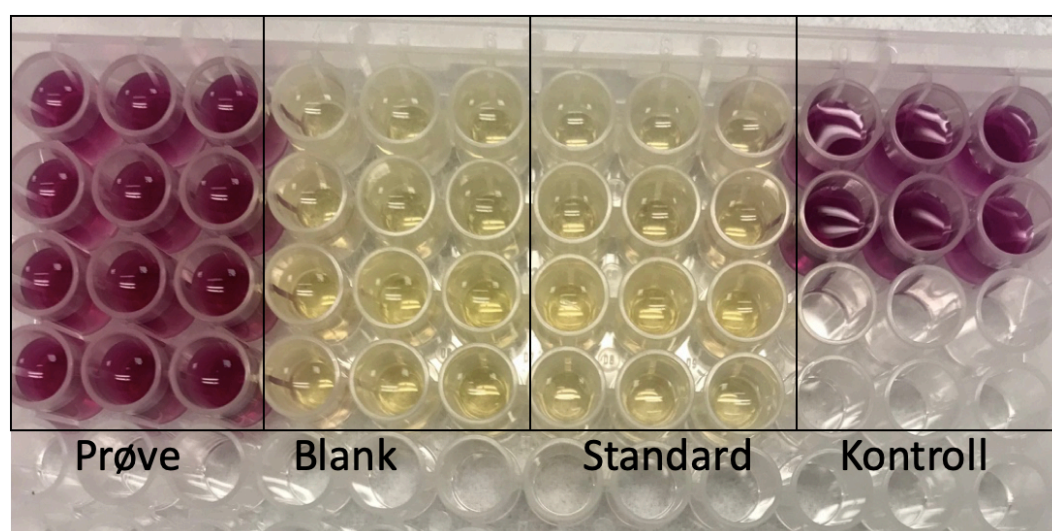
Figur 12 nedenfor illustrerer hvordan FeCl_2 og ferrozine sammen kan danne Fe^{2+} /ferrozine komplekset. Først vil det treverdige jernet reduseres til toverdige jernioner. De frie jernionene vil deretter forlate proteinet og reagere med tre ferrozineligander. Når jernet bindes til ferrozinet vil dannelsen av det sterkt fargede Fe^{2+} /ferrozine komplekset finne sted (Frey et al., 1995).



Figur 12: En todimensjonal fremstilling av reaksjonstrinnene ved dannelse av Fe^{2+} /ferrozine komplekset. De ulike atomene er merket med farger hvor C=grønn, H=hvit, Fe=lilla, N=blå, O=rød og S=gul, størrelsene på disse figurene er ikke i korrekt målestokk (Frey et al., 1995).

Jern-ferrozine komplekset ga en sterk lillafarge i de prøvene hvor det ble dannet. Blank ble benyttet for å finne de ulike prøvenes egenabsorbans (bakgrunn), og denne ble derfor ikke tilsatt ferrozine. Der vil bare tarens egne farge være synlig og målbar i spektrofotometeret. Standard ble tilsatt EDTA før ekstraksjonen, og det vil da forventes 100% chelatering i de

prøvene, noe som ikke gir dannelse av jern-ferrozine komplekset. Kontrollprøven ble tilsatt løsemiddel i stedet for ekstrakt, det vil derfor ikke forventes chelatering i denne, 0%, der vil det forventes sterk farge og maksimal dannelse av jern-ferrozine komplekset. Figur 13 nedenfor illustrerer hvordan de ulike prøvene ble seende ut ved tidspunktet for absorbansmålingen.



Figur 13: Prøvene tilsatt EDTA, standard, kontroll og prøvene viser ulike farger etter eventuell tilsetning av ferrozine (ikke tilsatt i blank). Fra venstre vises 3*prøve, 3*blank, 3*standard og til sist 3*kontroll.

Figur 13 illustrerer hvordan prøvene tilsatt EDTA, standardprøvene, viste omtrent samme farge som blank-prøvene som ikke var tilsatt ferrozine. Dette viser hvor god chelator EDTA er, da det ikke har blitt dannet synlig grad av av jern-ferrozine komplekset. Kontrollprøvene som er plassert lengst til høyre viser den sterkeste fargen, noe som gir mening da det ikke er tilsatt noen form for chelator. Prøvene til venstre viser derimot en noe lysere lillafarge, som tyder på en viss inhibering av dannelsen av jern-ferrozine komplekset. Denne metoden forutsetter likevel at det er nok overskudd av ferrozine til å binde jernionene.

Formelen som ble benyttet for å regne ut % Chelatering av jern, i de ulike prøvene:

$$\%Chelatering = \left(1 - \frac{AbsPrøve - AbsBlank}{AbsKontroll}\right) * 100$$

3.7 Elementanalyse

Det ble gjennomført en elementanalyse for kontrollprøven og prøvene som hadde blitt lagret 72 timer både ved tørr lagring og ved lagring i gjennomstrømmende sjøvann. Det ble veid inn omtrent 8g oppkuttet sukkertare i 50 ml falconrør, disse ble satt på en frysetørker (Heto, DW Model 6-85, Danmark) i omtrent 48 timer. Etter dette ble den frysetørkede sukkertaren homogenisert ved bruk av en IKA A11 Basic (IKA), dette omgjorde den frysetørkede sukkertaren til et fint pulver. Det ble tatt i betraktning at de frysetørkede prøvene kan tiltrekke seg vann ved eksponering for luft, dette ble derfor unngått i den grad det var mulig. Rørene ble oppbevart med lokk, og vakuumert i en pose for oppbevaring ved -80°C før analysering. Det ble også gjennomført en elementanalyse på dryppet fra taren som hadde blitt lagret tørt.

Denne analysen ble gjennomført av Solfrid Lohne, Mina Marthinsen Langfjord og Susanne Birkeland ved Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning på NMBU. Det ble levert frysetørkede prøver av kontrollprøven og siste prøvetakingstidspunkt, 72 timers lagring, både fra gruppene tørr og våt lagring til analysering. Prøven av drypptapet ble levert i væskeform. Det ble på prøvene fra tarebladene gjennomført to forskjellige dekomponeringer, både sur og basisk for å kunne detektere alle de ønskede elementene. For syredekomponering ble det benyttet forvaskede teflonrør. Det ble tilsatt 5 ml konsentrert salpetersyre til ca. 0,25g prøvemateriale, dette ble deretter dekomponert i en UltraClave (Milestone) ved 260°C i 30 minutter. Etter dekomponeringen ble prøvene overført og fortynnet i 50 ml ionebyttet vann. Referansematerialer og blankprøver gjennomgikk den samme dekomponeringsprosessen. For den basiske dekomponeringen ble 0,25 g prøve veid ut i rør med ventilasjonslokk tilsatt 5 ml deionisert vann og 1 ml tetrametylammoniumhydroksid (TMAH). Prøvene ble deretter oppbevart i varmeskap ved 60°C over natten, deretter en time ved 90°C . Prøvene ble ristet opp underveis i prosessen. Etter dette ble prøvene fortynnet til 10 ml med deionisert vann og sentrifugert. Til slutt ble prøvene fortynnet til passende konsentrasjoner. Også her ble referansematerialer og blankprøver dekomponert. Begge prøvene med tareblader ble deretter analysert på et Agilent 8800 ICP-MS instrument og en optisk ICP (5110 ICP-OES) (Agilent Technology), mens dryppet bare ble analysert med ICP-MS instrumentet.

Det ble benyttet inductively coupled plasma (ICP) med detektorene optical emission spectroscopy (OES) og mass spectrometry (MS). Dette er analysemetoder for å detektere og bestemme mengden av elementer i en prøve. ICP-OES har laveste deteksjonsgrense for ppm (parts per million), mens ICP-MS har en deteksjonsgrense på ppb (parts per billion). Derfor velges ofte ICP-MS når verdiene er nærme ICP-OES sin nedre deteksjonsgrense (Thermo Fisher Scientific).

3.8 Karbohydratanalyse

For å finne ut om drypptapet fra taren som ble lagret tørt inneholdt karbohydrater som kan forklare eventuell degradering av komponenter fra sukkertaren ble det gjennomført en karbohydratanalyse på denne væsken. Karbohydratanalysene ble gjennomført ved hjelp av Bjørge Westereng, Magnus Øverlie Arntzen og Maren Oftebro ved KBM på NMBU.

Før selve analysene ble gjennomført måtte drypptapet fra sukkertaren behandles med enzymer. Dette startet med at 100 µl av prøven ble inkubert i 1 time ved 50°C med 25.4 nm AMOR_PL7A enzym og 100 nm GH16 enzym (*Coprothermobacter proteolyticus*). Det ble gjennomført to duplikater av begge reaksjonene, og prøvene ble forvarmet til 50°C før enzymene ble tilsatt. Reaksjonene ble avsluttet ved å koke prøvene i 5 minutter. Disse prøvene ble deretter fortynnet 1:10 før de gikk videre til selve karbohydratanalysen. Reaksjonsproduktene fra enzymhydrolysene ble analysert med High-Performance Anion-Exchange Chromatography (HPAEC) ved bruk av et Dionex ICS3000 System (Thermo Scientific, San Jose, CA). Dette var utstyrt med en pulserende amperimetrisk detektor (PAD) som benytter seg av en engangs elektrokjemisk gullelektrode. Det ble benyttet en 2*250 mm CarboPac PA1 (Dionex, Thermo Scientific, San Jose, CA), og gjennomstrømningen gjennom kolonnen var på 0,25 ml/min. Den mobile fasen som ble benyttet var 300 mM NaOAc i 30 mM NaOH (A) og deionisert vann (B), hvor gradienten var 1% A i 10 minutter etterfulgt av en rask økning til 50% A i løpet av 1 minutt, hvor den ble værende i 13 minutter før kolonnen nådde likevekt. Analysene ble gjennomført ved bruk av programvaren Chromeleon 7.2 (Thermo Scientific, San Jose, CA).

3.9 Statistiske analyser

All behandling av rådata, sorteringer og utregning av gjennomsnitt og standardavvik ble gjennomført i Microsoft Excel 2019. Resultatene er stort sett oppgitt som gjennomsnitt \pm standardavvik. Statistiske analyser ble gjennomført i R (R 3.5.2 GUI 1.70 El Capitan build), R-studio (versjon 1.1.463) og Minitab 18. R Commander ble brukt som et tilleggsprogram for noen statistiske analyser. Databehandling av fargemålingene ble gjennomført ved en 50-50 MANOVA (Multivariat variansanalyse). R-pakken `ffmanova` ble lastet ned som et tilleggsprogram til R-studio, og det ble i R-studio gjennomført en 50-50 MANOVA for resultatene fra fargemålingene. For tørrstoff og chelateringsaktivitet ble det benyttet en generell lineær modell (GLM) i ANOVA (variensanalyse) i Minitab og i R Commander. Det ble i de tilfellene hvor det ble funnet signifikante forskjeller, kjørt en Tukey's test som Post hoc (HSD-test) for å finne ut hvor de signifikante forskjellene var. Resultatene ble definert som statistisk signifikant forskjellige når p-verdien var $<0,05$ dersom ikke andre verdier er oppgitt. Signifikante forskjeller som viste en p-verdi $<0,05$ er merket med «*».

Kvadratsum (Sum square) er et begrep som kommer ut av analysene, denne verdien angir hvor stor del av variasjonen som kan forklares av den enkelte faktoren. For å synliggjøre dette på en bedre måte har verdiene fra kvadratsummen blitt omregnet til prosentandel av den totale kvadratsummen fra hver enkelt analyse. Den totale kvadratsummen produseres ved å summere alle observasjoner i hver gruppe, for så å legge sammen disse på tvers av gruppene, variasjonen blir dermed forklart ved alle observasjoner i alle grupper. Den justerte kvadratsummen, som hovedsakelig har blitt benyttet i denne oppgaven, er variasjonen i gruppegjennomsnittet rundt det store gjennomsnittet basert på en enkelt variabel.

Figur 14 nedenfor viser formlene for utregning av den totale kvadratsummen øverst i figuren og den justerte kvadratsummen for hver enkelt variabel nederst i figuren.

$$\begin{aligned} &= \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^{n_j} (y_{ij} - \bar{y})^2 \\ &= \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^{n_j} (\bar{y}_j - \bar{y})^2 = \sum_{j=1}^J n_j (\bar{y}_j - \bar{y})^2 \end{aligned}$$

Figur 14: Formler for den totale kvadratsummen (øverst) og den justerte kvadratsummen (nederst).







4 Resultater

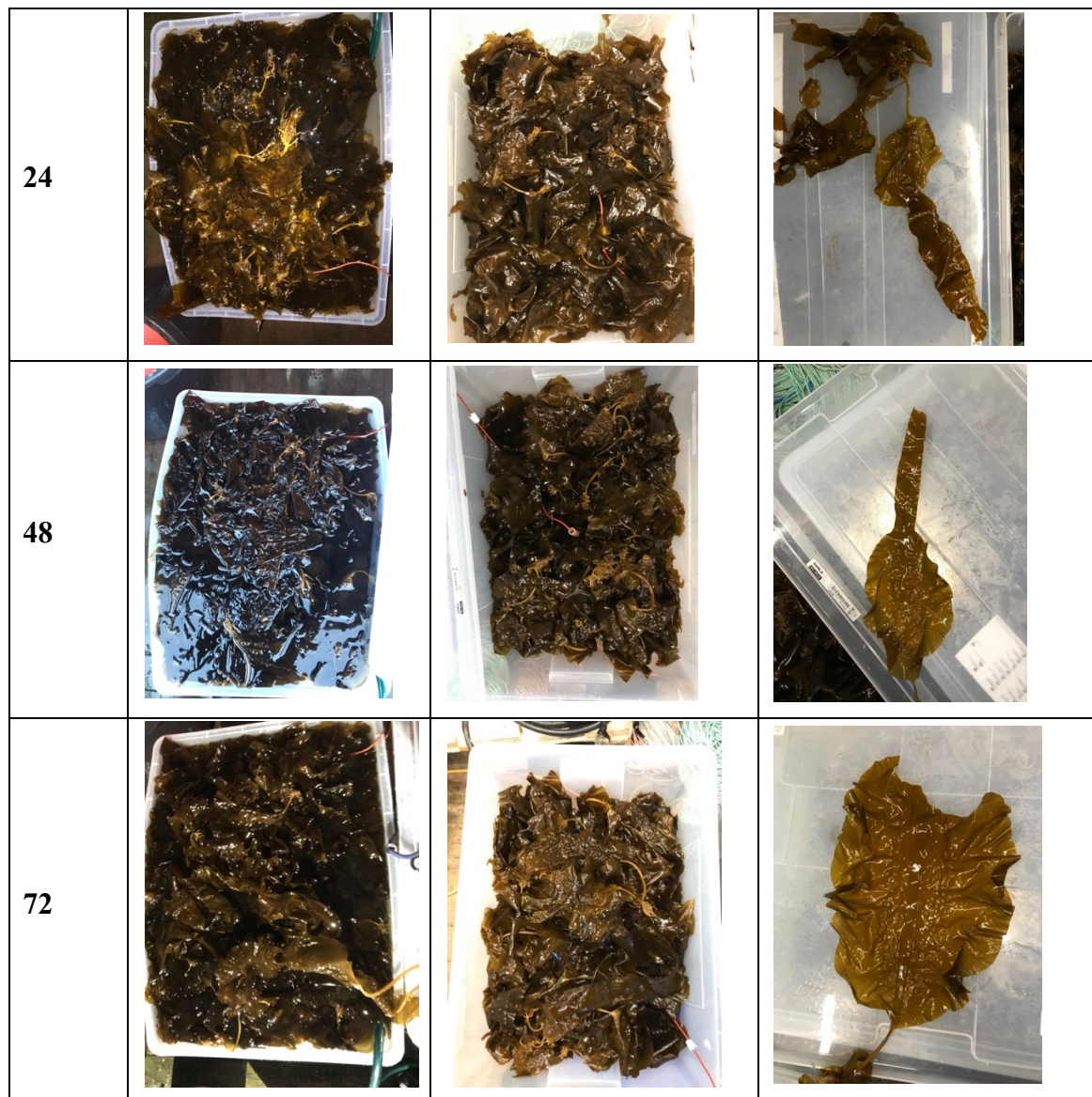
I resultatdelen vil det bli referert til gruppe 1 og 2, hvor gruppe 1 henviser til prøvene som ble lagret ved tørr lagring mens gruppe 2 henviser til de som ble lagret i gjennomstrømmende sjøvann, også kalt våt lagring. Tid 1-5 vil også bli benyttet i enkelte tabeller og figurer, hvor tid 1-5 refererer til henholdsvis 6, 12, 24, 48 og 72 timers lagring i denne rekkefølgen.

4.1 Lagringsforsøk

Tabell 4 viser bilder av sukkertaren ved de ulike prøvetakingstidspunktene. Da noen tidspunkter var på dagtid, mens andre på kveld- og nattestid vil kvaliteten og lyssettingen på bildene variere noe.

Tabell 4: Bilder av taren i boksene med ulike lagringsforhold og av et helt blad ved hvert prøvetakingstidspunkt, T1 utgår da det ikke ble tatt gode bilder.

Timer lagring	Våt lagring	Tørr lagring	Helt blad fra tørr lagring
0			
12			



Ut fra bildene som er vist i tabellen ovenfor er det ikke mulig å se at det skjer en fargeendringene rent visuelt. Strukturen på bladene og den generelle kvaliteten ser også relativt lik ut på bildene fra de ulike prøvetakingstidspunktene.

4.1.1 Innveide prøver

Tabell 5 nedenfor viser hvor mye tare som ble veid inn ved oppstart av forsøket, og hvor mye som var igjen etter avsluttet forsøk. Tallene fra sukkertaren som ble lagret tørt er de eneste inkludert, da det bare var mulig å samle opp drypptapet ved endt forsøk fra disse boksene. All sukkertaren ble veid inn for oppstart av forsøket, og veide 13 kg, med et slingringsmonn på +50g. Det eventuelle dryppet fra boksene med gjennomstrømmende sjøvann har kontinuerlig blitt vasket bort under lagringsperioden. Det ble tatt ut 7 zip-posere

med omtrent 8g sukkertare fra hver boks ved hvert prøvetakingstidspunkt, dette tilsvarer 336g fjernet fra hver boks i løpet av den totale lagringstiden. Dette har blitt trukket fra den tapte vekten, så tallene oppgitt i tabellen nedenfor er den tapte vekten etter det planlagte uttaket er trukket fra. Drypptapet i bunnen av boksene ble samlet opp og tatt ut prøver av for å analysere hva som eventuelt har blitt sluppet ut fra taren under lagringsperioden, det ble tilsammen observert 784g drypp fra de tre boksene.

Tabell 5: Mengde tare veid inn, tarens vekt etter endt forsøk og tarens tapte vekt i løpet av lagringsperioden.

Boks	Vekt tare ved T0 (g)	Vekt tare ved T5 (g)	Vekt tapt (g)	Vekt tapt (%)
Tørr-1	13028	12362	330	2,533
Tørr-2	13026	12466	224	1,719
Tørr-3	13033	12467	230	1,765

Tabell 5 viser at det ble tapt mellom 1,719% og 2,533% av vekt i løpet av det totale lagringsperioden. Dette viste en del variasjoner mellom boksene, men det kan skyldes unøyaktig veiing av taren etter endt forsøk, tapet ble regnet som lavt ved alle tilfeller. For å observere et mer nøyaktig totalt drypptap burde taren fått renne helt av seg før den ble veid, noe som ikke ble gjort, det var trolig en del utsondret væske mellom tarebladene da disse ble veid etter endt forsøk.

4.1.2 Temperatur

Temperaturen i de ulike boksene og lufttemperaturen hvor boksene med taren ble lagret ble målt ved hvert prøvetakingstidspunkt for å holde øye med eventuelle svingninger i temperaturen. Dette vil kunne være en viktig faktor for å forklare eventuelle resultater dersom det viste seg at det hadde vært store svingninger.

Tabell 6: Målte temperaturer i luften og i de ulike boksene med ulike lagringsforhold ved alle prøvetakingstidspunktene, og gjennomsnittstemperaturen ved de ulike forholdene.

Timer lagring	Romtemperatur	Lagring i gjennomstrømmende sjøvann			Tørr lagring		
		Boks 1	Boks 2	Boks 3	Boks 1	Boks 2	Boks 3
6	6,0°C	6,2°C	6,2°C	5,8°C	7,6°C	7,4°C	7,3°C
12	4,2°C	6,1°C	6,1°C	6,1°C	8,5°C	8,5°C	8,1°C
24	4,6°C	6,1°C	6,1°C	6,1°C	8,0°C	8,2°C	8,0°C
48	3,1°C	5,9°C	5,1°C	5,2°C	4,6°C	4,9°C	4,5°C
72	4,0°C	4,6°C	5,5°C	4,8°C	5,1°C	5,2°C	4,7°C
Gj.snitt	4,4°C	5,8°C	5,8°C	5,6°C	6,8°C	6,8°C	6,5°C

Tabell 6 viser at det ble observert en temperaturstigning i boksene med tørr lagring ved prøvetakingstidspunkt 2, etter 12 timer lagring. Denne endringen ble ikke observert i boksene med gjennomstrømmende sjøvann eller på romtemperaturen som hadde gått ned siden T0. Den høyeste temperaturen ble observert ved tørr lagring 12 timer postharvest. Temperatursvingningene var størst ved bruk av tørr lagring, dette ble unngått ved kontinuerlig innpumping av sjøvann i boksene som hadde gjennomstrømmende sjøvann. Dette skyldes at nøstet hvor lagringsforsøket ble gjennomført ikke hadde temperaturkontroll, dermed ble temperaturforandringene i lufttemperaturen ute også gjeldende for denne lagringsmetoden.

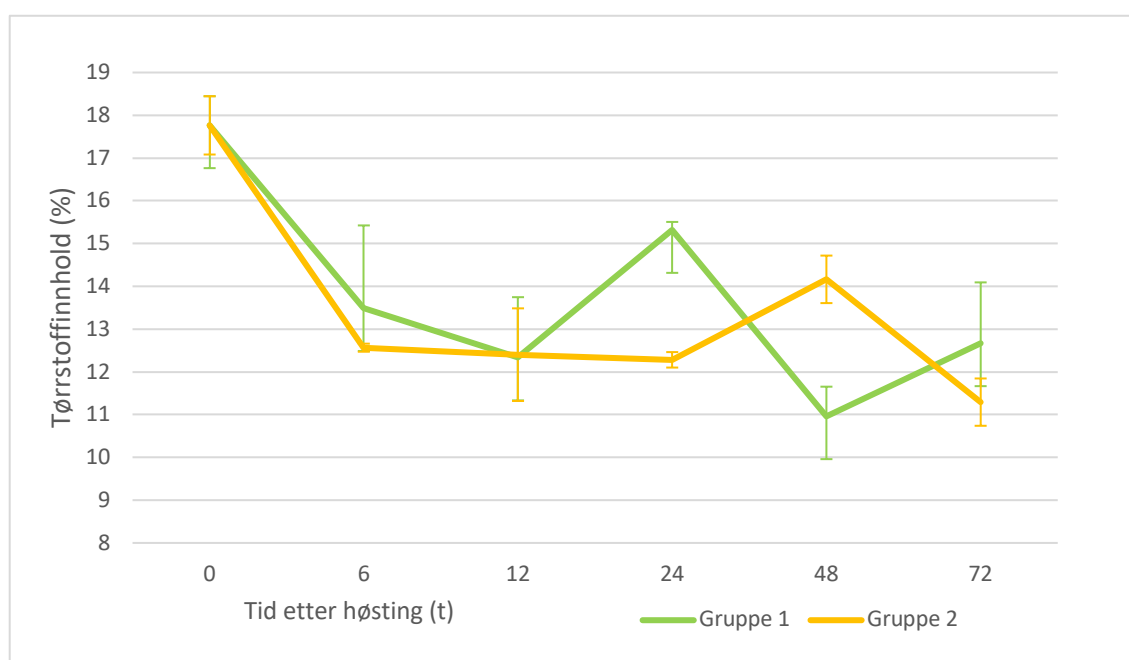
4.1.3 Sensorisk/Fysisk Kvalitetsbedømmelse

Ansatte fra Seaweed Energy Solutions ble benyttet for å kvalitetsvurdere taren underveis i lagringsforsøket. Ved høsting ble taren oppfattet som fersk og fast i konsistensen, den luktet som den skulle og hadde god kvalitet. Etter 6 timers lagring, ved T1, kunne det ikke observeres noen merkbare endringer på taren. I løpet av T2-T3 begynte taren fra tørr lagring å bli noe slappere i bladene, men kvaliteten var fortsatt god. Den største forskjellen var at den avga en sterk rødbrun, rustaktig farge til hendene når den ble tatt på. Dette viste seg å øke med tiden, men var tydelig merkbart allerede etter 6 timer lagring etter høsting. På sluttidspunktet ble det sagt at den fortsatt ser grei ut, ingen store visuelle endringer har skjedd. Det var ikke mulig å fastslå at kvaliteten var blitt betraktelig dårligere basert på

utseendet i noen av boksene. Taren som hadde ligget nederst i boksene med tørr lagring var likevel noe sammentrykt og følte litt tynn og skjør i bladene i forhold til taren lagret i gjennomstrømmende sjøvann.

4.2 Tørrstoffanalyse

Figur 15 nedenfor viser utviklingen av tørrstoffinnholdet i prøvene lagret ved ulike forhold ved de ulike prøvetakingstidspunktene.



Figur 15: Tørrstoffinnhold i prøvene fra ulike grupper ved ulike tidspunkter etter høsting.

Figur 15 viser at tørrstoffinnholdet i prøvene gikk ned ved lenger lagringstid, dette gjelder for begge lagringsmetodene. Grafen som viser at tørrstoffinnholdet minker ved lenger lagringstid ble vist å være signifikant for lagringstid etter høsting. Tabell 7 nedenfor viser resultater fra statistisk analyse, generell lineær modell av data fra tørrstoffanalysen. P-verdi, kvadratsum og kvadratsummen omgjort til % er oppgitt. Denne prosentandelen viser hvor stor del av resultatene som kan forklares fra hver av faktorene oppgitt.

Tabell 7: P-verdi og kvadratsummen for de ulike faktorene i tørrstoffanalysen, % av kvadratsummen forklarer hvor mye av variasjonen i resultatene som forklares av hver enkelt faktor.

	Tid	Gruppe	Gjentak	Tid* Gruppe	Tid* Gjentak	Gruppe* Gjentak
p-verdi	<0,001	0,203	0,365	<0,001	<0,001	0,184
Kvadratsum	181,945	1,679	0,836	40,399	33,960	1,834
% av Kvadratsum	69,80%	0,64%	0,32%	15,50%	13,03%	0,70%

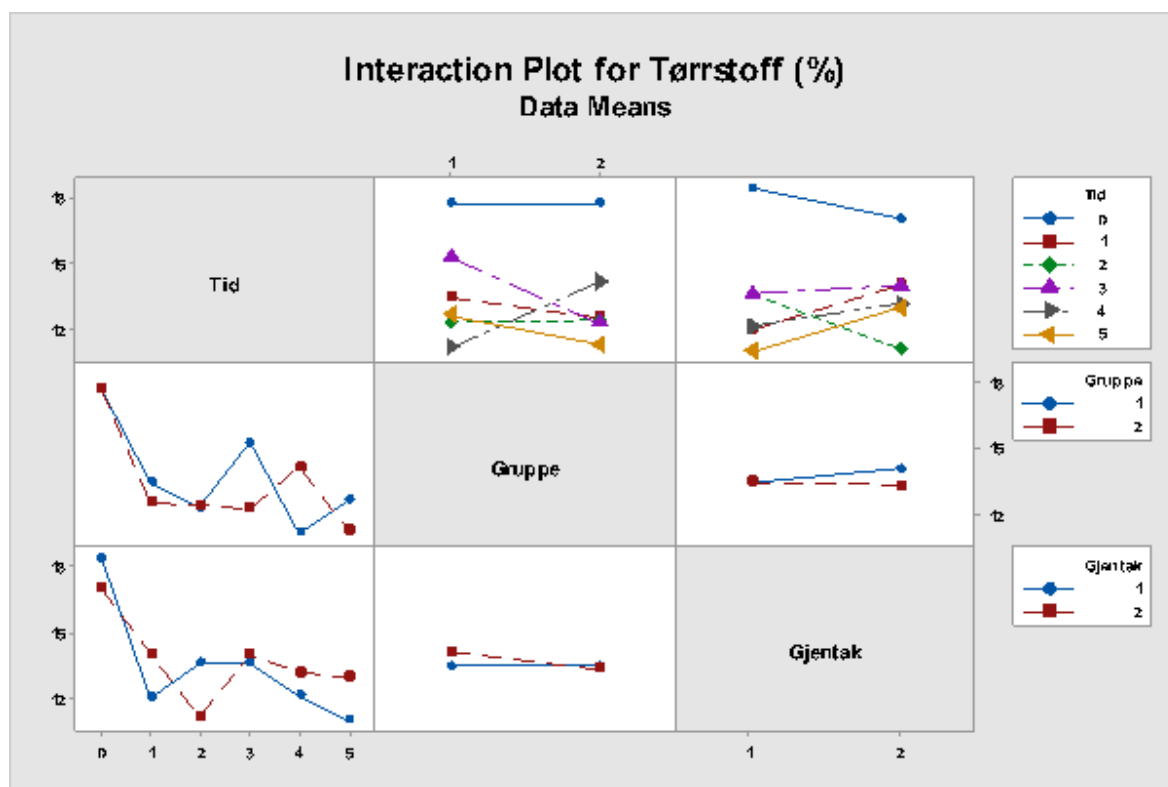
Faktorene som ble vist å være signifikante i Tabell 7, med $p < 0,05$, var faktorene tid, tid*gruppe og tid*gjentak. Tabellen viser tydelig at tid er den mest avgjørende faktoren, som dermed forklarte størsteparten av variasjonen observert i resultatene fra tørrstoffanalysen. Interaksjonene mellom tid*gruppe og tid*gjentak har også en betydning. Samlet sett vil tid etter høsting være den viktigste faktoren for tørrstoffinnholdet i sukkertare lagret ved bruk av ulike lagringsmetoder. Tabell 8 viser resultatene fra en Tukey's test, hvor resultatene er midlet for lagringstid, det vil si at gruppens gjennomsnittsverdier er benyttet.

Tabell 8: En Tukey's test (HSD) viste at den signifikante nedgangen i tørrstoff bare skjer mellom tid 0 og 1, altså i løpet av de seks første timene lagring. Det skjer likevel en nominell nedgang etter dette tidspunktet. Bokstavene (A, B) deler resultatene i grupper som er signifikant forskjellig fra hverandre.

Timer lagring	Tørrstoff (%)
0	17.76381 A
6	13.02650 B
12	12.36752 B
24	13.79830 B
48	12.65556 B
72	11.97934 B

Tabell 8 viser at tørrstoffinnholdets observerte signifikante nedgang bare er signifikant mellom 0 og 6 timers lagring etter høsting, noe som betyr at den største nedgangen i tørrstoffinnhold fant sted i løpet av de 6 første timene lagring postharvest.

Et interaksjonsplott illustrerer hvordan de ulike faktorene interagerer sammen, og Figur 16 viser et interaksjonsplott for resultatene fra tørrstoffanalysen. Plottet leses ved at grafen som ligger mellom to faktorer forklarer interaksjonen mellom disse, og grafene i hjørnene forklarer interaksjonen mellom faktorene i de andre hjørnene.



Figur 16: Interaksjonsplott for hvordan de ulike faktorene i tørrstoffanalysen interagerer med hverandre. Y-aksen forklarer tørrstoffinnholdet oppgitt som %, X-aksen er delt for de tre ulike grafene, hvor første graf fra venstre viser de ulike prøvetakingstidspunktene 0-5, som står for 0, 6, 12, 24 og 72 timer lagring postharvest. Grafen i midten gruppe 1, tørr lagring og 2, lagring i gjennomstrømmende sjøvann og den lengst til høyre viser to biologiske gjentak av analysen, 1 og 2.

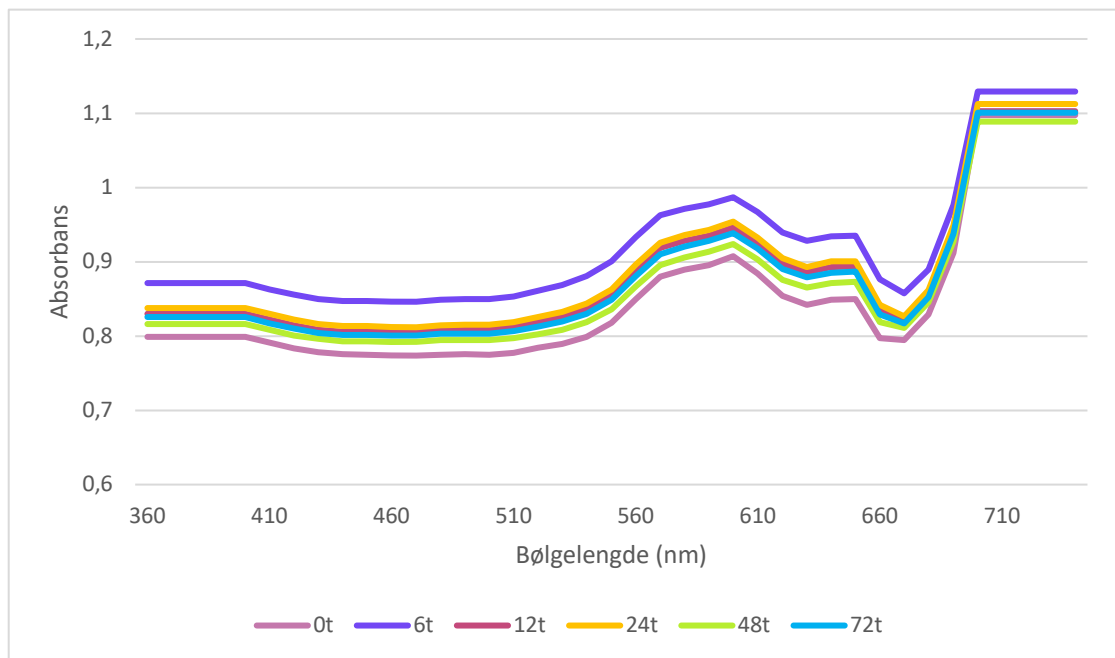
Interaksjonsplottene i Figur 16 viser at i alle plottene hvor tid er inkludert er det mulig å se at tørrstoffinnholdet er svært avhengig av denne faktoren. Dette tilsier at lengden på lagringstiden spiller en avgjørende rolle for tørrstoffinnholdet i prøvene. Fra Tukey's test vist i Figur 9 blir det tydelig at tidsforskjellen hovedsakelig skjer fra tid 0, direkte etter høsting og frem til 6 timers lagring postharvest.

4.3 Fargemålinger

Det ble gjennomført fargemåling ved bruk av MINOLTA på alle tarebladene fra de ulike prøvene før de ble frosset ned. Refleksjonsspekteret fra disse målingene har blitt omregnet til absorpsjon, og dette spekteret vises i Figur 17 nedenfor. Det er benyttet et gjennomsnitt fra de ulike lagringsgruppene, da de ulike gruppene viste svært lik absorpsjon. Resultatene er presentert som antall timer etter høsting. Absorbansen er plottet mot bølgelengden for å illustrere spekteret.

Refleksjon ble omregnet til absorpsjon ved bruk av denne formelen:

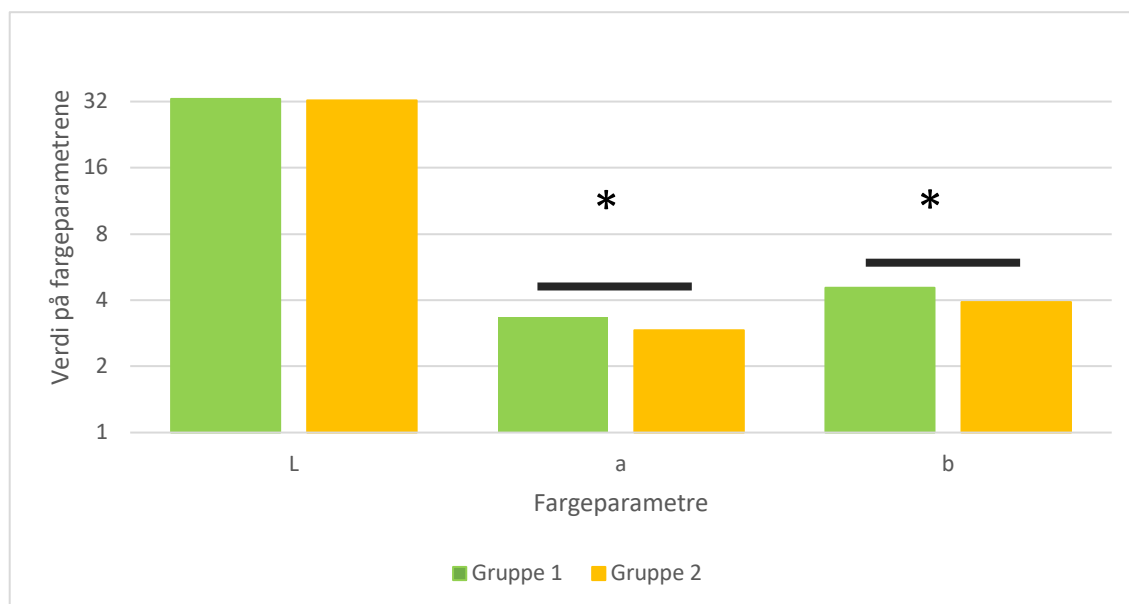
$$A = -\log\left(\frac{1}{R}\right)$$



Figur 17: Absorbansspekter for målingene gjort på sukkertaren under lagringsforsøket. De ulike linjene representerer ulik lengde på lagringstiden fra 0-72 timer postharvest lagring.

Det kan i Figur 17 observeres en topp på 600 nm, samt en topp på 650 nm. Spekteret følger den samme formen for alle prøvene tatt ut under hele lagringsperioden på 72 timer. Toppene vises ved akkurat samme bølgelengde for de ulike lengdene på lagringstiden. Prøvene som viste lavest absorpsjon var direkte etter høsting, 0 timers lagring. Deretter viste prøvene lagret i seks timer den høyeste absorpsjonen, og de andre prøvene viser absorpsjon mellom disse verdiene.

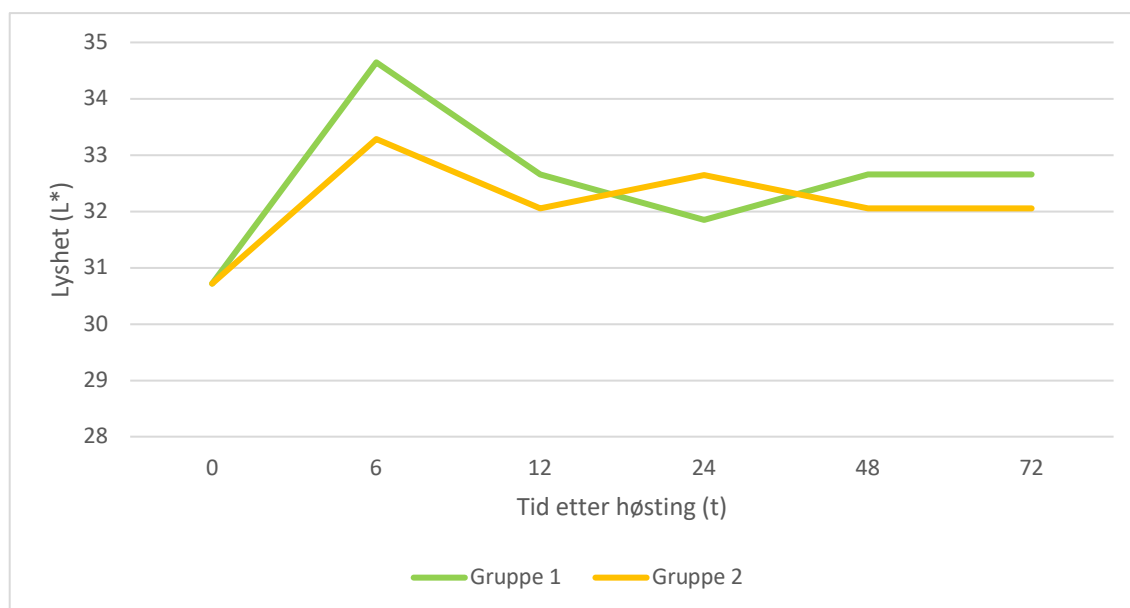
Ved å gjennomføre 50-50 MANOVA i R-studio ble det avdekket at det finnes signifikante forskjeller mellom gruppe 1, tørr lagring og gruppe 2, lagring i gjennomstrømmende sjøvann postharvest. Figur 18 illustrerer hvordan de ulike fargeparametrene varierer innad i de to ulike lagringsmetodene.



Figur 18: Forskjeller på de ulike fargeparametrene L^* , a^* og b^* innad i de to gruppene, hvor 1 er tørr lagring og 2 er lagring i gjennomstrømmende sjøvann.

Figur 18 illustreres det at det ble funnet signifikante forskjeller mellom gruppe 1, tørr lagring, og gruppe 2, lagring i gjennomstrømmende sjøvann, for fargeparametrene a^* og b^* . Dette er merket med «*» over de respektive stolpene i figuren. Det ble ikke observert noen signifikant forskjell på parameteren L^* mellom gruppene. Både fargeparametrene a^* og b^* viste verdier som var lavere for gruppe 2, lagring i gjennomstrømmende sjøvann enn for gruppe 1, tørr lagring. Dette betyr at de vil bevege seg mot å bli nærmere blå enn gul (nedgang i b^*) og nærmere grønn enn rød/magenta (nedgang i a^*) ved bruk av tørr lagring enn ved lagring i gjennomstrømmende sjøvann.

Fargeparameteren L^* , viste signifikante endringer ved lenger lagringstid, dette er illustrert i Figur 19.



Figur 19: Lysheten på sukkertaren endrer seg underveis i lagringsforsøket, de første seks timene går lysheten opp, for deretter å synke ned mot lysheten den hadde ved høstetidspunktet igjen.

Figur 19 viser hvordan L*, graden av lysket, i taren viste signifikant endring over tid. I løpet av de første seks timene gikk lysheten i taren opp, deretter sank den igjen og stabiliserte seg nærme lysheten ved høstingstidspunktet. Dette betyr at sukkertarens først forandrer farge mot å bli hvitere, og deretter vil den gå nærmere mot svart igjen i fargespekteret. Disse observasjonene gjaldt for begge gruppene under ulike lagringsforhold. Tabell 9 nedenfor viser de ulike p-verdiene, kvadratsummene og % av den totale kvadratsummen vist av hver faktor.

Tabell 9: P-verdi, kvadratsum og % av den totale kvadratsummen for de ulike faktorene i tørrstoffanalysen. Kvadratsummen forklarer hvor mye av variasjonen i lysheten som forklares av hver enkelt faktor.

	Tid	Gruppe	Tid*Gruppe
p-verdi	0,008	0,339	0,658
Kvadratsum	295,4	17,1	61,2
% av kvadratsum	79%	4,6%	16,4%

Tabell 9 viser at tid er den signifikante faktoren for endringen i lysket (L*) som finner sted i sukkertaren gjennom lagringsforsøket. De ulike lagringsforholdene viste ikke signifikant effekt på lysheten i taren.

I Tabell 10 er vises resultatene etter et Tukey's test, som grupperer resultatene etter hvilke som er signifikant forskjellige fra hverandre gjennom hele lagringsperioden. Gruppene er midlet sammen, og bare effekten lagringstid er beregnet i denne analysen. Den viser hvordan de ulike tidspunktene kan grupperes etter hvilke som viste signifikante forskjeller i lyshetsgrad, denne grupperingen kan vise når eventuelle forskjeller oppstår.

Tabell 10: En Tukey's test (HSD) viste at den signifikante nedgangen i tørrstoff bare skjer mellom tid 0 og 1, altså i løpet av de seks første timene. Bokstavene (A, B) deler resultatene i grupper som er signifikant forskjellig fra hverandre for faktoren lagringstid.

Timer lagring	Lyshet (L*)
0	30,94762 A
6	33,96542 B
12	31,35889 AB
24	32,24834 AB
36	32,35889 AB
72	31,35889 AB

I Tabell 10 kan det observeres at det skjer en signifikant forskjell i lysheten på tarabladene mellom 0 og 6 timers lagring postharvest Dette er imidlertid de eneste tidspunktene som er signifikant forskjellige fra de andre. Observasjonen at lysheten endres mest i løpet av de 6 første timene lagring synes også tydelig i Figur 19.

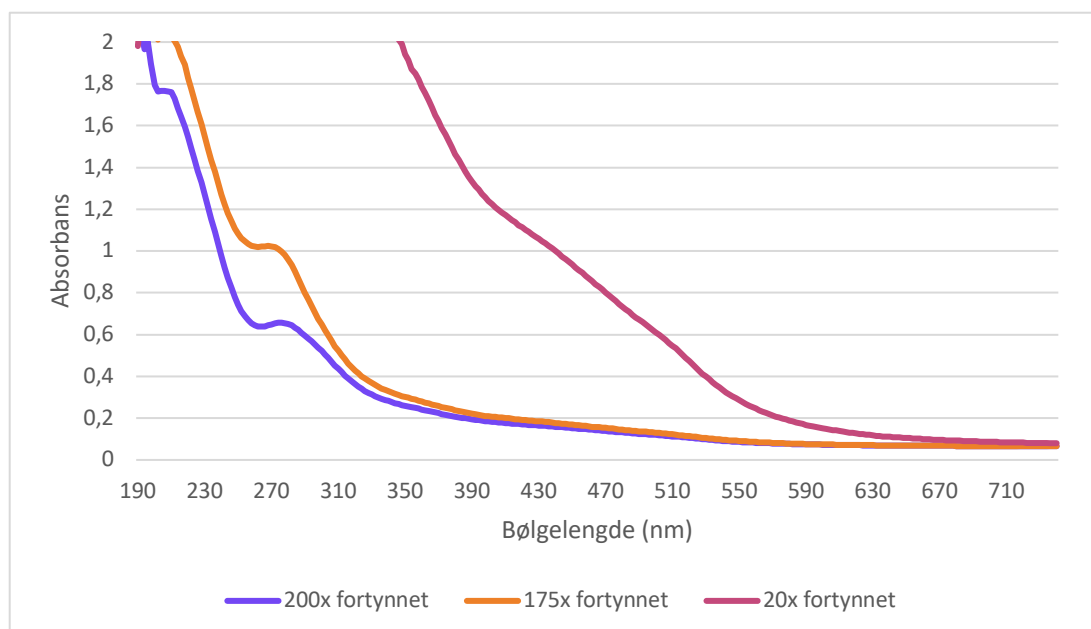
4.3.1 Absorbans av drypp

Da sukkertaren ble fjernet ved endt forsøk var det drypp i bunnen av lagringsboksene, denne er illustrert i Figur 20. Det er tydelig at drypptapet inneholder komponenter som gir farge, denne vil kunne vise absorpsjon ved bølgelengder i synlig lys ved måling i spektrofotometer. Denne fargen var svært sterk og var vanskelig å få vasket bort fra overflater.

Det ble gjennomført en måling av absorbansen av drypptapet fra 190-750nm ved ulike fortynningsfaktorer som sikret at spekterets form kunne ses tydeligere jamfør hvor sterkt absorberende dryppet var. I Figur 21 illustreres absorbansen plottet mot bølglengden (nm) for fortynningsfaktorene 20x, 175x og 200x.



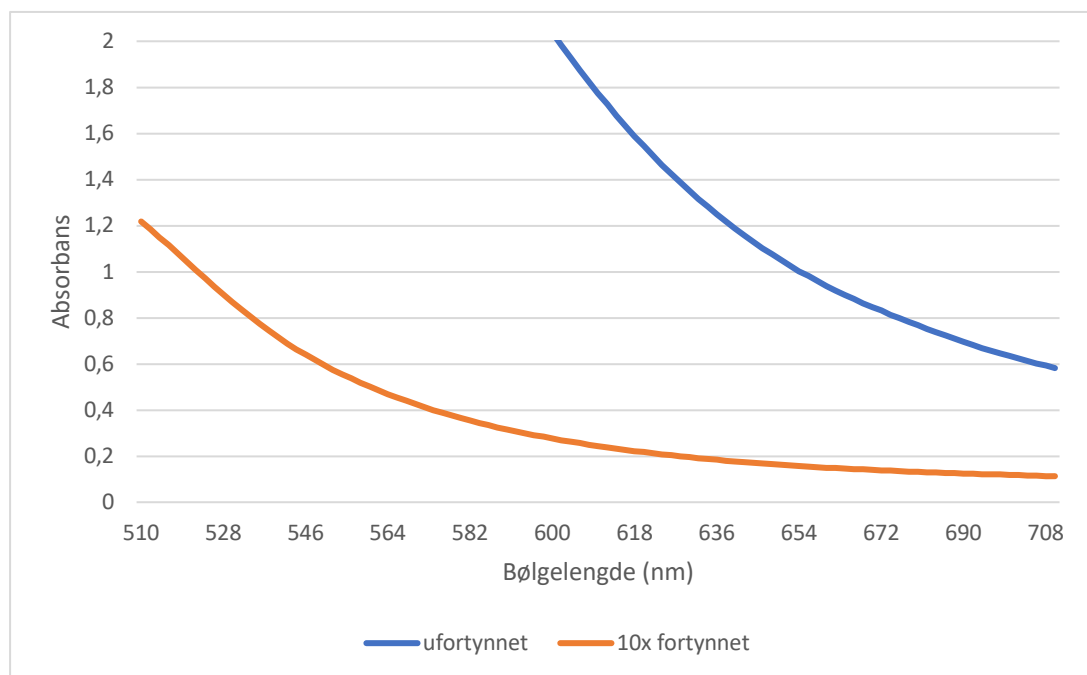
Figur 20: Dryppet som ble samlet opp fra lagringsboksene ved endt lagringsforsøk vises i figuren, det er tydelig at det har en sterk rød/brun/oransje farge.



Figur 21: Absorbans av drypptapet fra sukkertaren lagret tørt i 72 timer fra 190-720 nm bølglengde, de ulike linjene representerer ulike fortynningsgraden av drypptapet.

Absorbansmålingene gjennomført med spektrofotometer er vist i Figur 21 ovenfor. Figuren viser at det kan observeres en topp på mellom 275-285 nm bølglengde, og det kan også ses en svak topp på 20x fortynningen rundt 410-440 nm, muligens også rundt 500 nm. Disse var det ikke mulig å se ved de høyere fortynningsfaktorene, og dette viser at de ulike fortynningene samlet kan benyttes for å analysere spekteret fra prøven med drypptap fra sukkertaren.

Det er også mulig å se absorptans gjennom hele spekteret på den ufortynnete prøven, noe som tyder på at denne væsken inneholder en rekke ulike komponenter som absorberer lys ved de ulike bølgelengdene, selv om det ikke er mulig å observere toppen over hele spekteret. Figur 22 viser absorptansen i det ufortynnete dryppet og en 10x fortykning.

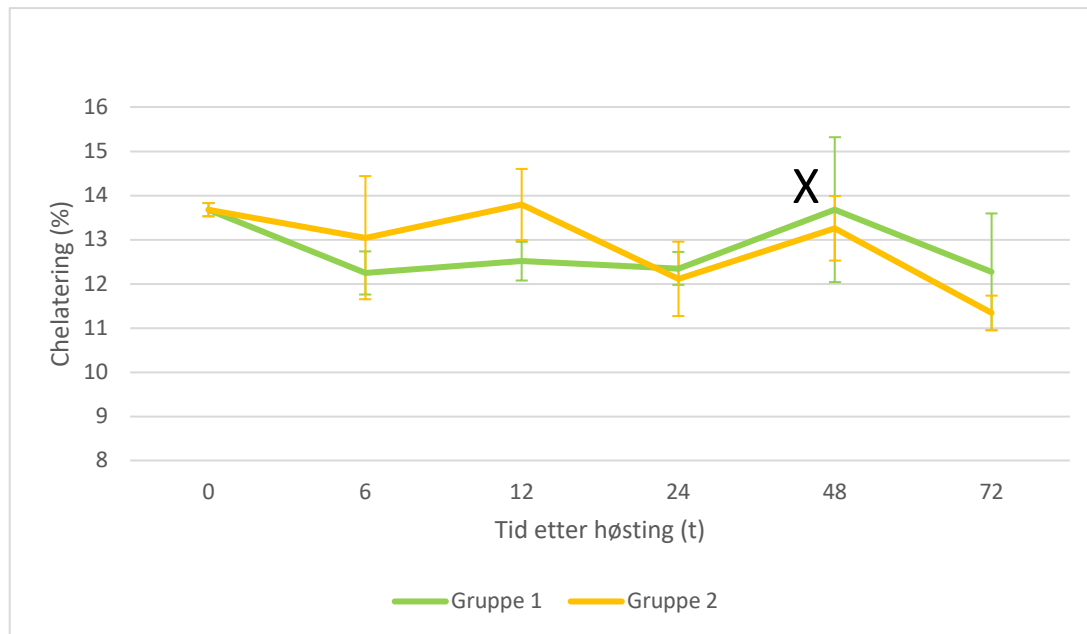


Figur 22: Absorbans av drypptapet fra sukkertaren lagret tørt i 72 timer fra 510-710 nm bølgelengde, de ulike linjene representerer det ufortynnete dryppet og en 10x fortykning.

Figur 22 viser at toppene som ble observert ved absorptansmålingen på sukkertarebladene i Figur 17 ikke synes i dryppet.

4.4 Evne til å chelatere jernioner

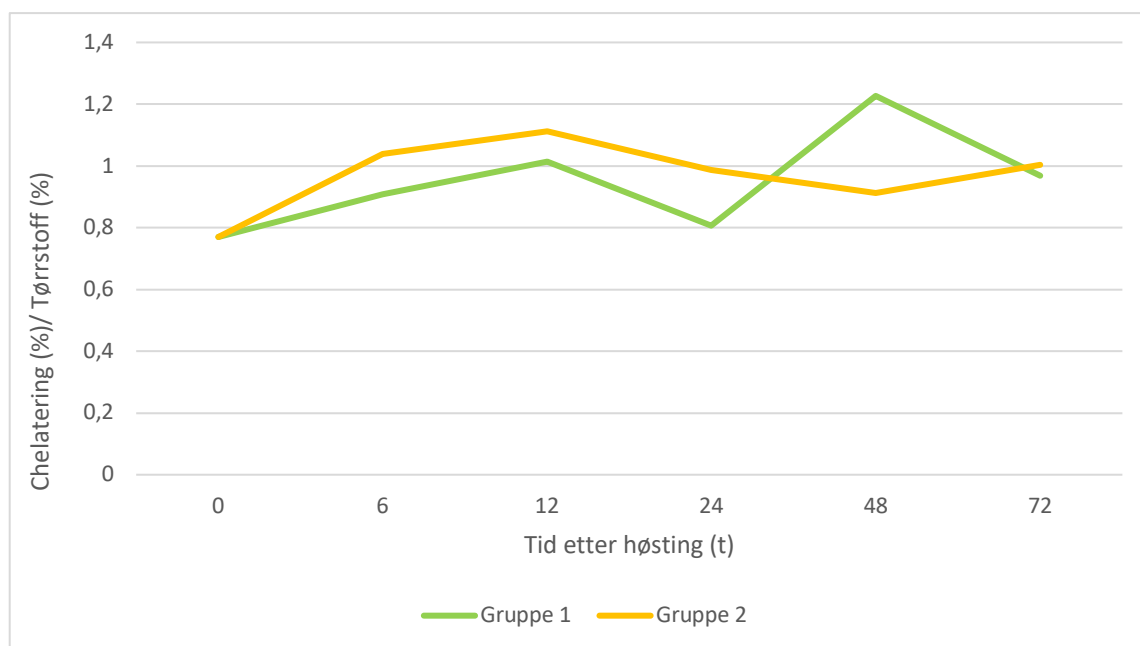
Figur 23 nedenfor viser hvordan sukkertarens evne til å chelatere jern endret seg ved ulik lengde på lagringstiden etter høsting og ved de to ulike lagringsforholdene tørr lagring og lagring i gjennomstrømmende sjøvann. Det ble også undersøkt hvor god chelateringssevne EDTA viste, den oppnådde 100% chelatering ved alle gjentakene med en konsentrasjon på 0,009g/9ml løsemiddel. Denne fungerte som en standard, og resultatene derfra viste gode chelateringssevner, noe som gjør det til en god standardprøve for denne metoden.



Figur 23: Sukkertarens evne til å chelatere jern (%) ved ulike lagringsmetoder og lengde, gruppe 1 er tørr lagring og gruppe 2 er lagring i gjennomstrømmende sjøvann. X markerer en statistisk utligger ved gjentak 2 etter 48 timers lagring.

Figur 23 viser at sukkertarens evne til å chelatere jern går ned ved lenger lagringstid. Det vil normalt tolkes som at sukkertarens antioksidantegenskaper reduseres etter lagring. Det kan også se ut som gruppe 2, våt lagring gir noe bedre egenskaper ved kortere lagringstid enn gruppe 1 med tørr lagring. Gruppe 2 har nominelt høyere verdier for jernchelatering sammenlignet med gruppe 1 (13,5 versus 12,8%, p-verdien er 0,11). Ved lenger lagringstid derimot ser det ut som det jevner seg ut, gruppe 1 viser da nominelt høyere verdier enn gruppe 2. Det ble observert en statistisk utligger markert med X i figuren.

Figur 24 viser samme resultater som figuren ovenfor, men her er resultatene justert for tørrstoffinnholdet som ble målt i de ulike prøvene.



Figur 24: Chelateringssevnen justert for tørrstoffinnhold ved å dividere Chelateringssevnen (%) på Tørrstoffinnholdet (%).

I Figur 24 vises det at etter resultatene ble justert for tørrstoffinnhold ser grafen noe jevnere ut. Særlig gruppe 2, lagring i gjennomstrømmende sjøvann viser en jevnere kurve etter at resultatet er justert for de ulike tørrstoffinnholdene. Tabell 11 nedenfor viser resultater fra statistisk analyse (GLM) av data fra chelateringsanalysen. P-verdier, kvadratsum og % av den totale kvadratsummen. Denne prosentandelen viser hvor stor del av resultatene som kan forklares fra hver av faktorene oppgitt.

Tabell 11: p-verdi, kvadratsum og % av den totale kvadratsummen for de ulike faktorene i FICA-analysen etter gjennomføring av en ANOVA.

	Tid	Gruppe	Gjentak	Tid* Gjentak	Gruppe* Gjentak
p-verdi	0,036	0,795	0,057	0,022	0,376
Kvadratsum	10,69	0,04	2,64	15,57	0,49
Kvadratsum (%)	33,3%	0%	8,2%	47,5%	1,5%

Tabell 11 viser at tid er den faktoren som forklarer størstedelen av variasjonen i resultatene. De signifikante faktorene er tid, tid*gruppe og tid*gjentak. Lagringstiden forklarer en mye større del av resultatene enn lagringsmetoden gjør. Dersom den statistiske utliggeren fra

gjentak 2 ved 48 timers lagring etter høsting utelukkes fra resultatene ble p-verdien for faktoren lagringstid vist å være 0,024.

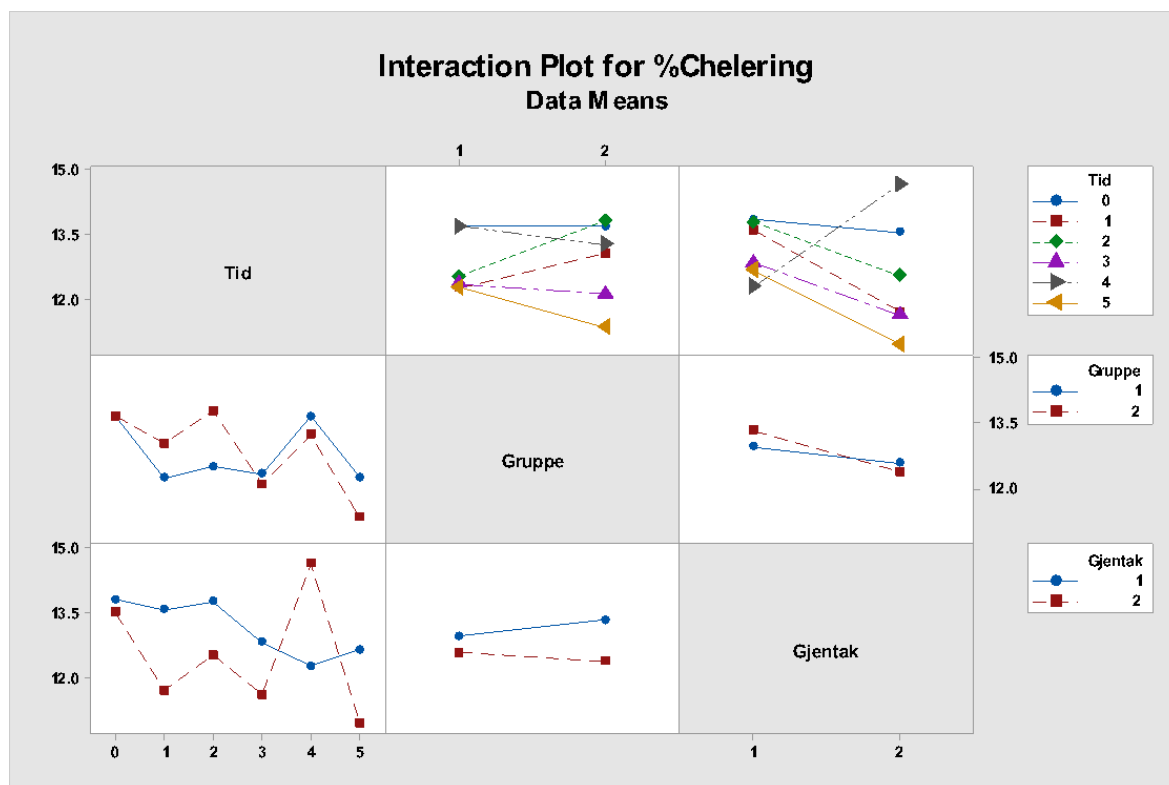
Det ble også for resultatene fra jernchelateringsvevneanalysen gjennomført en Tukey's test, vist i Tabell 12. Denne testen kunne ikke vise signifikante forskjeller ved bruk av konfidensintervallet 0,95, men for å indikere disse forandringene ble konfidensintervallet satt til 0,85.

Tabell 12: En Tukey's test (HSD) viste at nedgangen i evne til å chelatere jernioner skjer jevnt i begge gruppene og at bare tid 0 og 72 timers lagring viste forskjeller ved bruk av 0,85 som konfidensintervall. Bokstavene (A, B) deler resultatene i grupper som er forskjellig fra hverandre.

Timer lagring	% Chelatering
0	13,67668 A
6	13,46612 AB
12	13,15293 AB
24	12,64392 AB
36	12,22921 AB
72	11,80480 B

Tabell 12 viser at det skjer en jevn nedgang i evnen til å chelatere jern i løpet av lagringsperioden på 72 timer. Det ble bare funnet signifikante forskjeller mellom 0 timers lagring, direkte etter høsting og 72 timers lagring, som var det siste prøvetakingstidspunktet i dette forsøket.

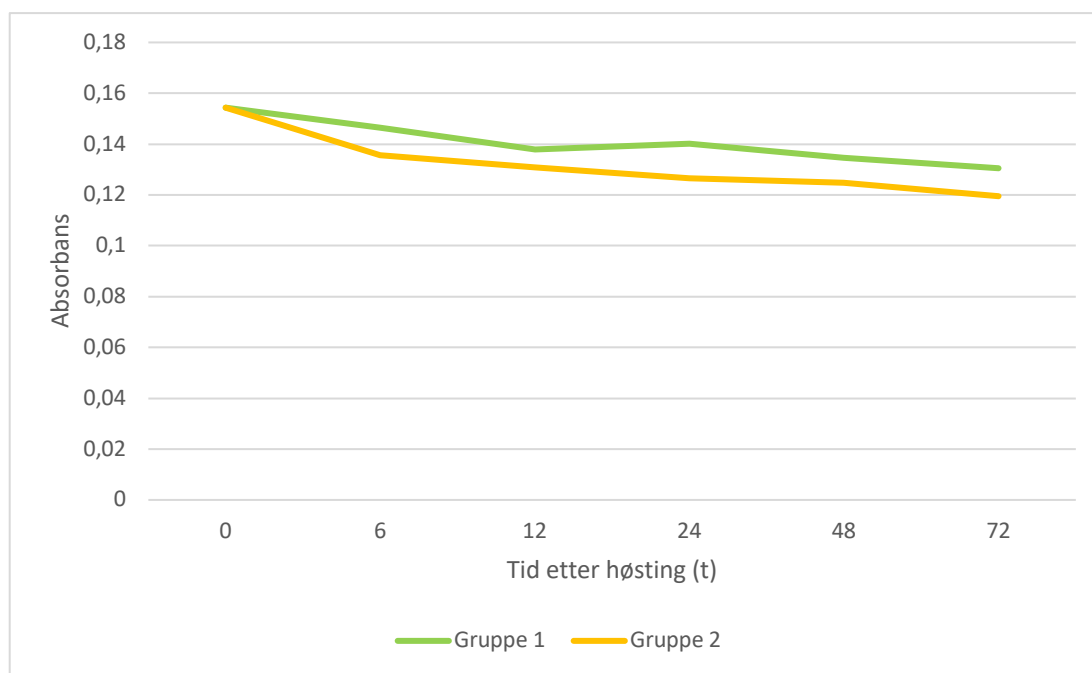
I Figur 25 vises det et interaksjonsplott for resultatene fra jernchelateringsanalysen Dette illustrerer hvordan de ulike faktorene interagerer sammen. Plottet leses på samme måte som det forrige interaksjonsplottet.



Figur 25: Interaksjonsplott for hvordan de ulike faktorene interagerer med hverandre, her er resultatene fra chelateringsanalysen som ikke er justert for tørrstoff benyttet. Y-aksen forklarer evnen til å chelatere jernioner oppgitt som %, X-aksen er delt for de tre ulike grafene, hvor første graf fra venstre viser de ulike prøvetakingstidspunktene 0-5, som står for 0, 6, 12, 24 og 72 timer lagring postharvest. Grafen i midten viser gruppe 1, tørr lagring og 2, lagring i gjennomstrømmende sjøvann og den lengst til høyre gjentak av analysen, 1 og 2.

Interaksjonsplottene i Figur 25 viser at lagringstiden igjen er en viktig faktor, også for jernchelateringssevnen. Grafen nede til venstre viser er resultatene varierte stort ved gjentak, og det var vanskelig å reprodusere resultatene. Grafen øverst i midten viser at resultatene varierte mer innad i gruppe 2, lagring i gjennomstrømmende sjøvann enn i gruppe 1, tørr lagring.

Blankprøvene anga sukkertarens egenabsorbans, denne verdien ble trukket fra ved utregning av chelateringssegenskaper som prosent, for hver enkelt prøve. Det er viktig at denne verdien som trekkes fra stammer fra eksakt den samme prøven da tarebladene har noe ulik farge på de ulike delene. Figur 26 viser de ulike prøvenes absorbans ved bruk av de ulike lagringsmetodene og ulik lengde på lagringstiden.



Figur 26: Absorbansen til blank-prøvene fra de ulike lagringsmetodene, gruppe 1 er tørr lagring og gruppe 2 er lagring i gjennomstrømmende sjøvann og lagringstidene 0-72 timer postharvest.

Figur 26 viser at tarens egenabsorbans gikk ned ved lenger lagringstid. Nedgangen skjedde fortere for gruppe 2, som er prøvene lagret i gjennomstrømmende sjøvann. Disse prøvene var også de som viste størst nedgang etter totalt 72 timers lagring. Dette er resultater som mulig kan bidra til å forklare andre forskjeller som observeres i de ulike analysene.

4.5 Karbohydratanalyse

Det ble gjennomført en karbohydratanalyse av drypptapet fra taren som ble lagret tørt. Etter behandling med alginatlyaser ble det ikke detektert verken komponentene guluronsyre eller mannuronsyre, noe som viser at det ikke finnes nedbrytningsprodukter fra alginat i væsken. Det ble heller ikke observert noen dannelse av 4-deoksy-1-erytro-5-hexoseulose uronsyre (DEHU), en alginatkomponent som innehar omtrent samme RT som mannuronsyre. Ved behandling med laminarinaser blir det heller ikke oppdaget produkter som tyder på at det finnes laminarin i avdrippet. Det som derimot ble detektert var 0,1g monosukker per liter væske, dette kan være glukose i form av monosukker. Det monosukkeret som blir detektert kan som nevnt være glukose, men det kan også gjerne være mannitol, da denne metoden ikke skiller mellom disse sukkerne. Sukkertare inneholder relativt mye av sukkeret mannitol, noe som også gjør det sannsynlig at den observerte toppen kan være mannitol.

4.6 Elementanalyse

Det ble gjennomført en analyse av det kjemiske innholdet av elementer i sukkertaren, prøvene som ble benyttet var kontrollprøven tatt ut rett etter høsting og prøver fra de ulike lagringsforholdene ved siste prøvetakingstidspunkt, 72 timer lagring post høsting. I tillegg ble drypptapet fra taren lagret ved tørr lagring analysert for en del av de samme komponentene. Ikke alle komponentene ble inkludert fra denne analysen da de mest interessante elementene som kunne være å finne var de som hadde lekket ut ved tørr lagring. Resultatene fra disse analysene er vist i Tabell 13.

Tabell 13: Resultater fra elementanalyse, 0-prøven, kontroll, og prøver fra T5 fra både gruppe 1 og 2, tørr lagring og lagring i gjennomstrømmende sjøvann og drypptapet (samleprøve fra boksene) fra sukkertaren ved tørr lagring ble analysert. Makromineraler og halogener er oppgitt som g/kg tørrstoff mens mikromineraler er oppgitt som mg/kg tørrstoff. Standardavvik er oppgitt for de prøvene osm ble gjennomført med 3 paralleller, det ble brukt paralleller for basisk og sur ekstraksjon for to av prøvene, 0 og gruppe 2.

	Kontroll, 0-prøve (tørrstoff)	Gruppe 1 (tørrstoff)	Gruppe 2 (tørrstoff)	Drypptap (væske)
Ca (g/kg)	8,13±0,05	6,9	7,8	
K (g/kg)	84,33±0,5	140	54	
Mg (g/kg)	5,3±0	6,8	4,6	
Na (g/kg)	27±0	43	21	
P (g/kg)	4,1±0	4,8	4,8	
S (g/kg)	7,5±0	8,7	5,9	
V (mg/kg)	1,1±0	0,69	0,93	0,021
Cr (mg/kg)	1,17±0,05	0,73	1	0,012
Mn (mg/kg)	6,47±0,05	5,3	6,1	0,12
Fe (mg/kg)	103,33±4,7	54	100	2,6
Co (mg/kg)	0,09±0,001	0,07	0,082	0,001
Cu (mg/kg)	1,4±0	1,5	1,5	0,025
Zn (mg/kg)	86,33±1,25	43	90	0,13
As (mg/kg)	41±0	57	49	0,97
Se (mg/kg)	0,057±0,003	0,024	0,025	0,002
Cd (mg/kg)	0,33±0,005	1,9	1,5	0,001

Cl (g/kg)	130	130	51±0,5	18
Br (g/kg)	0,440	0,440	0,460±0,010	0,061
I (g/kg)	3,60	4	5,30±0	0,15

Tabell 13 ovenfor viser at noen elementer endret seg over tid, noen forble relativt stabile og noen endret seg ulikt ved bruk av ulike lagringsmetoder. Standardavvik er oppgitt hvor det ble gjennomført paralleller, disse viser at analysene er mulig å gjenprodusere. Elementene kan deles i grupper basert på hvilke endringer som skjer ved bruk av de ulike lagringsmetodene. Elementene som holder seg relativt stabile ved bruk av begge lagringsmetoder, med endringer på under 20% fra kontrollprøven frosset ned direkte etter høsting, er Ca, P, Mn, Co, Cu og Br.

De elementene hvor innholdet har gått opp med 20% eller mer fra 0-prøven er merket med grønt, dersom innholdet har gått ned med 20% eller mer er det merket med gult. Fra tørr lagring ble det observert økning i elementene K, Mn, Na, As og Cd, og en nedgang i innholdet av V, Cr, Fe, Zn og Se. Fra lagring i gjennomstrømmende sjøvann ble det observert en nedgang i saltene K og Na, samt S, Se og Cl. De elementene som økte i konsentrasjon etter bruk av lagring i gjennomstrømmende sjøvann var Cd og I. De største observerte forskjellene var at etter tørr lagring hadde over halvparten av Fe-innholdet blitt borte og natriuminholdet hadde økt kraftig. Etter lagring i gjennomstrømmende sjøvann hadde over halvparten av Cl-innholdet blitt borte, samt jodinnholdet hadde økt betraktelig. Ved bruk av begge lagringsmetodene ble det observert mye høyere innhold av Cd.

En del av elementene som hadde forsvunnet ved bruk av lagringsmetoden tørr lagring var å finne igjen i dryppet ved elementanalyse, men langt ifra de mengdene som var forventet. Det ble også observert et høyt innhold av Cl i dryppet sammenlignet med funnene i tarebladene.

4.7 Anbefalt daglig inntak (ADI) Tabell

Det har blitt opparbeidet en tabell (Tabell 14) som viser det anbefalte daglige inntaket, det øvre tolererbare grenseinntaket og sukkertarens innhold av en rekke mineraler og sporstoffer som finnes i sukkertare. Med utgangspunkt i disse verdiene har det blitt regnet ut hvor mye av sukkertaren som kan konsumeres i tørket og fersk tilstand før det øvre tolererbare grenseinntaket overskrides. Det finnes mange sunne næringsstoffer i taren som kan dras nytte av som et næringsmiddel eller en som ingrediens i næringsmidler, men det finnes også en del elementer i sukkertare som bør inntas med forsiktighet. Derfor vil det være interessant å vite omtrent hvor stor mengde sukkertare som kan spises før det øvre tolererbare inntak av enkelte av disse stoffene overskrides. Alle disse resultatene er samlet vist i Tabell 14.

For tallene i tabellen har det hovedsakelig blitt benyttet et referanseinntak for populasjonen, (PRI), dette er en referanseverdi som skal kunne være tilstrekkelig stort sett for hele befolkningen. PRI tilsvare gjennomsnittsbehovet for den aktuelle komponenten, (AR) + standardavviket*2 av det næringsstoffet. Denne verdien er mye benyttet og det vil dekke behovet til 97,5% av menneskene i en befolkning (European Food Safety Authority, 2017). AR betyr den estimerte mengden som vil dekke alle fysiologiske behov for det aktuelle næringsstoffet. Tilstrekkelig inntak (AI) har blitt benyttet dersom det ikke er utarbeidet en PRI av EFSA, en PRI kan ikke defineres dersom det ikke finnes tall for AR, gjennomsnittsbehovet. AI er det observerte gjennomsnittet av den aktuelle komponenten inntatt i en gruppe med antatt friske mennesker. Felles for alle disse referanseverdiene er at de er satt på bakgrunn av at kaloribehovet og etter at behovet for andre næringsstoffer allerede er dekket (European Food Safety Authority, 2017). Dersom dette ikke er tilfellet vil andre verdier bli gjeldende. Dersom det ikke var tilstrekkelig informasjon om de aktuelle elementene i EFSA sine rapporter har det blitt supplert med informasjon fra andre kilder.

Den øvre toleransegrensen, «upper limit» (UL) er satt som det øvre inntaket av et stoff som ikke er sannsynlig at vil føre til negative helseeffekter. Dersom ikke en øvre toleransegrense er satt for det aktuelle elementet er det merket med «*», for ikke definert. Dette kan skyldes at det ikke er vist å være tilknyttet noen farer til høyt inntak eller at det ikke finnes tilstrekkelig dokumentert informasjon og forskning for å kunne fastslå denne verdien

(Haugen et al., 2019). Noen elementer har blitt vist å ikke være essensielle for mennesker og uten noen næringsverdi, dette kan være tilfellet for stoffer hvor det ikke er satt et anbefalt inntak. Der det var forskjeller mellom kjønn og alder har det blitt benyttet verdier for kvinne i alderen 18-30 år. Dersom verdier var oppgitt som andel av kroppsvekt ble dette regnet ut for en kroppsvekt på 70 kg.

For arsen (As) og kadmium (Cd) har den øvre tolererbare grenseverdien blitt trukket fra EFSA sine anbefalinger, dette fordi de ikke har klart å definere en verdi som fullstendig trygg (European Food Safety Authority, 2017). For utregningene i denne tabellen har det likevel blitt benyttet de tidligere anbefalte øvre tolererbare grenseverdiene, dette ble gjort for å kunne fremstille resultatene opp mot en slags grenseverdi, da det illustrerer tallene på en bedre måte. For natrium er øvre tolererbare grenseverdi satt som den maksimale anbefalte daglige inntaket gitt av (Nordic Council of Ministers, 2014), denne verdien benyttes da det ikke er satt en øvre tolererbare grenseverdi.

Ved utregning av hvor mye tare som kan konsumeres for å nå det øvre tolererbare inntaket av de ulike mineralene ble regnet ut ved bruk av denne formelen:

$$\begin{aligned} & \text{Mengde tare som kan konsumeres for å nå øvre tolererbare inntak} \left(\frac{g}{dag} \right) \\ &= \frac{\text{Øvre tolererbare inntak} \left(\frac{g}{dag} \right)}{\text{Mengde funnet i tare} \left(\frac{g}{kg} \right)} \end{aligned}$$

Alle benevninger ble regnet om til samme benevning før utregningene ble gjennomført.

Tabell 14: Anbefalt daglig inntak og grenseverdier for øvre inntak av ulike mineraler og sporstoffer som finnes i sukkertare, verdiene gjelder for voksne, eventuelt kvinner, dersom alder var spesifisert ble det benyttet verdier for 18-30 år. Noen felter er merket «*», som betyr at det ikke er satt referanseverdien for det aktuelle elementet. Verdiene som er oppgitt for sukkertare er de som ble funnet i kontrollprøven, frosset direkte etter høsting.

Element	Anbefalt daglig inntak, PRI eller AI.	Øvre toleransegrense	Innhold i tørket sukkertare g eller mg per kg tørrstoff.	Tørket sukkertare som kan spises per dag for å nå UL (g/d)	Fersk sukkertare som kan spises (g/d) (tørrstoff=17,7%)
Ca	950 mg/d	2500mg/d	8,13g/kg	0,31	1,74
K	3500mg/d	*	84,33g/kg	*	*
Mg	300mg/d	*	5,3g/kg	*	*
Na	575mg/d	2400mg/d	27g/kg	0,08	0,503
P	550mg/d	3000mg/d	4,1g/kg	0,73	4,14
S	*	*	7,5g/kg	*	*
V	*	1,8mg/d	1,1mg/kg	1,64	9,26
Cr	25µg/d	*	1,17mg/kg	*	*
Mn	3mg/d	11mg/d	6,47mg/kg	1,7	9,62
Fe	16mg/d	60mg/d	103,33mg/kg	0,58	3,29
Co	*	*	0,088mg/kg	*	*
Cu	1,3mg/d	5mg/d	1,4mg/kg	3,57	20,21
Zn	11mg/d	25mg/d	86,33mg/kg	0,29	1,64
As	*	210µg/d	41mg/kg	0,005	0,03
Se	70µg/d	300µg/d	0,057mg/kg	5,26	29,8
Cd	*	25µg/d	0,33mg/kg	0,07	0,43
Cl	3400 mg/d	*	130g/kg	*	*
Br	<20 mg/d	*	0,44g/kg	*	*
I	200µg/d	600µg/d	4,0g/kg	0,15	0,85

Tabell 14 viser at det finnes en rekke elementer som bør tas i betraktning ved et høyt konsum av sukkertare. Jod og uorganisk arsen vises å være de mest risikoknyttede stoffene hvor det er svært lett å overgå den øvre toleransegrensen på ved inntak av denne sukkertaren. Dette gjelder særlig dersom sukkertaren inntas som et produkt i tørket tilstand. Verdiene oppgitt er ikke nødvendigvis toksiske doser av alle elementene, men den mengden sukkertare som kan konsumeres før det øvre tolererbare inntaket overskrides.

5 Diskusjon

Sukkertaren benyttet i dette forsøket ble høstet 18.2.2019, noe som er svært tidlig høsting sammenlignet med vanlig høstesesong av kultivert sukkertare som gjerne foregår i løpet av april, mai og juni. Taren har på nevnte tidspunkt ikke vokst tilstrekkelig for høsting, og det vil generelt være mindre biomasse å høste. Sukkertare har betraktelig lavere produksjon av biomasse om vinteren grunnet mindre tilgang på sollys, noe som er en svært viktig vekstfaktor (Sharma et al., 2018). Det kan også være mulig at sukkertaren ikke innehar samme kjemiske komposisjon og funksjonelle egenskaper som den vil ha ved et senere høstetidspunkt.

Sharma et al. (2018) viste at både høstetidspunktet og dybden sukkertaren har vokst ved er signifikante faktorer for det kjemiske innholdet. Dette kan gjøre resultatene annerledes enn tidligere forsøk som har blitt gjennomført på senere høstede tareblader. Et så tidlig høstetidspunkt som benyttet i denne oppgaven har ikke blitt forsket noe særlig på, da det ikke vil være aktuelt å høste i nærheten av så tidlig grunnet den lave biomasseproduksjonen. Studier som har blitt gjennomført på høstetidspunkter har gjerne analysert prøver høstet mellom april og august, da dette vil være mer aktuelle tidspunkter. Målet med denne studien er imidlertid å undersøke om det er forskjeller mellom lagringsmetoder og lengde på lagringstiden de 3 første døgn etter høsting, derfor vil forskjellene mellom gruppene av ulik post høsting behandling og tidspunkter post høsting legges mest vekt på.

5.1 Blad til blad variasjon og variasjoner innad på tarebladene?

Resultatene har gjennomgående vist variasjoner ved gjentak av de ulike forsøkene, noe som betyr at det var vanskelig å reprodusere resultatene når forsøket ble gjort om igjen ved nytt uttak av råstoff. Resultatene viste likevel gode paralleller ved ett bestemt uttak. Disse trendene har vært like gjennom alle analysene. Selv om prøvene har blitt lagret ved -80°C , så ble de først lagret ved -20°C (under gjennomføringen av lagringsforsøket), og det er mulig at denne første fasen av frysing, hvor tiden varierte av praktiske grunner, og hvor celler ødelegges sterkt ved frysing, har betydning for uttaket. En annen mulighet er betydelig heterogenitet i biomassen. Ved gjennomføring av analysene til denne oppgaven ble ulike blader benyttet ved gjentak av analysene, og hver prøve til en analyse ble veid ut

fra enten ett enkelt blad, eller i noen tilfeller fra flere blader. Det kan være forskjeller mellom de ulike bladene men også innad på hvert enkelt tareblad. For å løse dette på en bedre måte kunne en større mengde biomasse blitt homogenisert sammen før nedfrysing, og prøvene tatt ut derfra. Det har for eksempel tidligere blitt vist Wang et al. (2009) at evnen til å chelatere metaller varierer innad på tarebladet, hvor nyvokst og gammel del av bladene har ulike egenskaper. Tidligere funn av slike variasjoner kan underbygge hypotesen om at et inhomogent prøvemateriale er grunnlaget for de observerte variasjonene ved bruk av nye blader, og i noen tilfeller også andre deler av bladet, ved gjentak av analysene. Ved arbeidet med denne oppgaven var det ikke mulig å samle store mengder biomasse ved hvert prøveuttak da det var 6 ulike prøvetakingstidspunkter fra begge de ulike lagringsforholdene, og alle prøvene måtte fraktes nedfrosset i fly.

Uttak av tarebladene på produksjonsstedet ble tatt stort sett vilkårlig, noe som kan forklare en del variasjoner. Dersom forsøkene skulle gjennomføres på nytt ville prøvene ble tatt ut fra et standardisert punkt, like langt unna midten og fra tuppen av bladet fra alle bladene som skulle benyttes i de ulike analysene. I tillegg burde en større mengde biomasse blitt homogenisert sammen, som nevnt tidligere, da dette ville kunnet minsket heterogeniteten betraktelig. Ulike blader kan også variere mellom hverandre da blader som har hatt stor tilgang på lys og næring vil bli tykkere og mer robuste enn blader som har vokst med begrenset tilgang på en eller flere av de viktige vekstfaktorene. Gammelt vev på tareplantene blir tynnere og mer slitt, mens det nye vevet nærmere festeorganet ofte er mørkere og tykkere. Det gamle vevet vil etter hvert også slites bort grunnet erosjon. Ved stor vekst og tilgang på lys/næring blir bladet generelt tykkere og mer robust (Redmond et al., 2014).

5.2 Lagringsforsøk

En faktor fra lagringsforsøket som bør tas med i betraktningen vil være at noe av taren ble liggende under press under resten av biomassen på totalt 13 kg. Dette kan ha ført til at noen tareblader kan ha blitt mer nedbrutt, eller det har lekket ut mer biomasse enn fra andre tareblader i løpet av den samme lagringsperioden. De bladene som befant seg øverst ved tørr lagring ble også fortere tørre på overflaten enn bladene som lå beskyttet under andre fuktige blader. Disse øverste bladene ble imidlertid ikke benyttet i analyser, da prøveuttaket alltid ble gjort fra midten av boksen, ett stykke under overflaten. Det er sannsynlig at ulik

grad av eventuelle nedbrytningsprosesser vil finne sted ved ulik oksygentilgang og mengde press på bladene. Det er også kjent at økt grad av stress vil føre til raskere grad av nedbryting av biologiske komponenter (Stévant et al., 2017). Økt grad av stress vil trolig skje både når bladene ligger under press og når de utsettes for luft.

Fra temperaturmålingene som ble gjennomført ved hvert prøvetakingstidspunkt ble det observert en økt temperatur ved tidspunktene 6 og 12 timer etter lagring hos sukkertaren som ble lagret tørt. Denne oppgangen i temperatur ble ikke observert hos sukkertare lagret i gjennomstrømmende sjøvann. Dette kan trolig forklares med at det skjer en mikrobiell vekst under lagringsperioden, og trolig vil det også forekomme mikrobiell degradering av alginat i sukkertaren, noe som kan føre til temperaturøkningen (Moen, 1997). Det er mulig at de samme mikrobielle hendelsene har funnet sted ved bruk av begge lagringsmetodene. Temperaturendringene vil likevel ikke være mulig å observere for gruppen lagret i gjennomstrømmende sjøvann da biomassen kontinuerlig kjøles ned til sjøtemperatur og sjøpumpen vil pumpe inn nytt sjøvann gjennom hele lagringsperioden.

5.3 Fargemåling

5.3.1 Måling av tarebladene

Fra fargemålingene med MINOLTA ble det målt både spekter ved bølgelengder fra 360-740 nm og fargeparametrene $L^*a^*b^*$. Hovedresultatene fra fargemåling fra begge lagringsforholdene ved alle prøvetakingstidspunktene viste at parameteren L^* , lyshet, var den eneste som viste signifikant endring over tid. Den viste at lysheten i taren først gikk opp, frem til 6 timer etter høsting, og deretter gikk ned igjen, mot den initiale lysheten ved lenger lagringstid. Nedgangen ser ut til å stabilisere seg etter 12 timer lagring. Det ble ved gjennomføring av en Tukey's test bare observert en signifikant forskjell mellom 0 og 6 timers lagring, det vil si i løpet av den perioden hvor det ble observert at bladene ble lysere.

Økningen i lyshet som ble observert i sukkertaren vil kunne skyldes utvasking av komponenter som gir farge, men det også skyldes strukturendringer. Endringer i strukturen vil kunne gi lavere grad av partikkeltetthet, noe som vil gjøre at sukkertaren oppfattes lysere. På bakgrunn av at lysheten først øker og deretter går nedover igjen og stabiliserer seg, kan dette tyde på at det foregår to separate prosesser som er skyld i de observerte endringene i lyshet, L^* . Fargeendringer innad i gruppene derimot, viste signifikant forskjell

mellom gruppene for fargeparametrene a^* og b^* . Der gikk verdien for både a^* og b^* ned i gruppen med lagring i gjennomstrømmende sjøvann i forhold til tørr lagring.

Disse resultatene stemmer svært godt overens med tidligere analyser, Stévant et al. (2017) fant at verdiene for L^* økte opp til 6 timers lagring, og deretter sank ned mot de initielle verdiene igjen. Analysen i denne oppgaven viste at lysheten i taren økte frem til 6 timers lagring, og deretter ser ut til å stabilisere seg igjen. Stévant et al. (2017) rapporterte også at det var store variasjoner i fargemållingene fra blad til blad ved samme måling noe som gjorde det vanskelig å observere signifikante endringer. Dette tyder på at det vil være viktig for å oppnå pålitelige resultater at det blir benyttet et tilstrekkelig antall replikater av blader ved fargemåling. I denne oppgaven ble fargen målt to ganger på to ulike steder på bladet for 21 blader fra hver lagringsmetode ved hvert prøvetakingstidspunkt, dette er trolig et tilstrekkelig antall målinger for å oppnå pålitelige resultater.

For absorpsjonsspekteret for sukkertaren ble det tydelig at linjene fulgte det samme mønsteret for begge lagringsmetodene og for alle prøvetakingstidspunktene. Det ble observert to topper/skuldre på spekteret for sukkertaren, ved 600 og 650nm. Begge disse toppene kan gjerne være klorofyll c, som finnes i brunalger. Det kan også tyde på klorofyll a, da disse absorberer i nærheten av hverandre. Klorofyll c vil ha en topp på rundt 640, mens klorofyll a vil ligge på 660-670. Dette kan tolkes fra Figur 2 som viser spektrene for absorpsjonen til de ulike pigmentene som finnes i de ulike makroalgene. Selv om størsteparten av den brune synlige fargen i brunalgene kommer fra pigmentet fukoxantin som maskerer de grønnfargede klorofyllene finnes det likevel høy konsentrasjon av klorofyllene (Croce & Van Amerongen, 2014). Resultatene fra absorpsjonsspekteret kan tyde på at innholdet av klorofyll går ned, noe som vil kunne skyldes enten en nedbryting eller en eventuell utvasking av pigmentene. Den sterke brunfargen sukkertaren avga til hendene viser at fukoxantin må ha blitt brutt ned eller vasket ut.

Trolig finnes det mange ulike komponenter i denne væsken som gjør at det ikke dannes stor grad av tydelige topper. En blanding av stoffer med ulike absorpsjonstopper vil kunne gi et spekter som dette. Det som derimot er tydelig er at det finnes en viss grad av absorpsjon gjennom hele spekteret, og at spekterets form ikke påvirkes av lagring ved ulike forhold og ulik lengde lagringstid.

5.3.2 Absorbansmåling av drypp

Det ha tidligere blitt rapportert av Stévant et al. (2017) at væsken som lekker ut av sukkertare ved lagring, drypptapet, gjerne inneholder lavmolekylære forbindelser og vannløselige forbindelser som mannitol, laminaran og polyfenoler. Denne væsken som lekker ut er også trolig det som gir farge til vannet sukkertaren lagres i. Drypptapet som ble liggende igjen i lagringsboksen ved endt forsøk viste en mørk rød/oransje farge, nesten rustaktig, og ved høye konsentrasjoner var fargen mørk brun. Dette kan forbindes med fargemålingene fra tarebladene hvor det ble observert at fargeparametrene a^* og b^* viste verdier som var lavere for gruppe 2, lagring i gjennomstrømmende sjøvann, enn for gruppe 1, tørr lagring. Når disse verdiene går nedover betyr det at de vil bevege seg mot å bli nærmere blå enn gul og nærmere grønn enn rød ved bruk av tørr lagring enn ved lagring i gjennomstrømmende sjøvann.

Fargen som lekker ut ved lagring kan samsvare med endringene observert i fargemålingen, da den tørt lagrede taren trolig har mistet fargekomponentene som gjorde den mer gul og rød. Det ble observert lavere verdier for fargeparametrene a^* og b^* i sukkertaren etter lagring i gjennomstrømmende sjøvann enn etter tørr lagring. En mulig forklaring på hvorfor dette viste signifikante forskjeller ved fargemåling kan være at den samme utsondringen og eventuelle nedbryting av komponenter som innehar denne fargen vil forekomme ved bruk av begge lagringsmetodene. Forskjellene som synes ved fargemåling kan skyldes at ved tørr lagring vil de utsondrede komponentene fortsatt befinne seg på overflaten til tarebladene da det ikke vaskes bort på samme måte som ved lagring i gjennomstrømmende sjøvann. Dermed vil det ikke observeres i like tydelig grad at denne fargeendringen har funnet sted i den tørt lagrede sukkertaren.

Stévant et al. (2017) fant også ut at det forekom en reduksjon i innholdet av polyfenoler på $29 \pm 6\%$ og en reduksjon i innholdet av fukoxantin på $17 \pm 6\%$ etter 22 timers lagring i tanker med sjøvann. Det vil derfor være trolig at sukkertaren i dette forsøket oppfører seg likt, og at disse komponentene kan være å finne i dryppet. Moen (1997) viste at på bakgrunn av at polyfenoler kan binde til proteiner og polysakkarider vil fenoliske komponenter kunne gi en brunfarge til alginater som slippes ut i lagringsvannet. Fra Figur 22 som viser absorbansen til dryppet ved høye konsentrasjoner ble det ikke mulig å observere de samme toppene som ble observert fra målingene på sukkertarebladene. Disse toppene i

absorbansen fra tarebladene er trolig klorofyll som nevnt ovenfor, og dette kan derfor tyde på at klorofyll ikke brytes ned i stor grad i løpet av 72 timer lagring post høsting ved metoden tørr lagring.

Det ble ved absorbansmåling av denne væsken observert en topp ved 280nm bølgelengde. Denne toppen stemmer godt overens med spekteret fra florotanniner, noe som også vil være sannsynlig at er å finne i dryppet. Florotanniner er den eneste grupper tanniner som er å finne i brunalger, de er svært vannløselige, og vil slippes ut kontinuerlig av brunalger. Dersom brunalgen utsettes for stress vil det slippes ut ytterligere mengder florotanniner (Pérez et al., 2009). Aminosyrene tryptofan og tyrosin absorberer også i området rundt 280 nm bølgelengde. I følge Sharma et al. (2018) er det ikke disse aminosyrene som finnes i høyest konsentrasjon i sukkertare. Det vil derfor være mer trolig at toppene observert i spekteret representerer blant annet florotanniner fra sukkertaren. Det vil ikke være ønskelig at florotanninene vaskes ut, da de kan inneha sterke antioksidantegenskaper som forhindrer oksidasjon ved frie radikaler. Florotanninene har også vist å inneha baktericidal aktivitet og evne til å inhibere enzymer (Li et al., 2011). Disse egenskapene vil kunne utnyttes på best mulig måte ved å behandle sukkertaren på riktig måte. Det er svært lite ønskelig med stor utlekking, eventuelt utvasking, av bioaktive komponenter som florotanniner.

5.4 Tørrstoffanalyse

Det er relativt vanlig å lagre den høstede taren i sjøvann før videre prosessering, dette blir gjort for å hindre degradering av råstoffet. Tørrstoffanalysen i denne oppgaven viste at tørrstoffinnholdet gikk signifikant ned ved lenger lagringstid, hvor tid var den faktoren som forklarte mesteparten av variasjonen, nærmere 70% av den totale variasjonen i tørrstoffinnholdet kunne forklares av faktoren tid. Fra høstetidspunktet til 72 timers lagring hadde tørrstoffinnholdet i sukkertaren gått fra $17,76 \pm 0,68\%$ til $12,67 \pm 1,43\%$ ved tørr lagring og fra $17,76 \pm 0,68\%$ til $11,29 \pm 0,55\%$ ved lagring i gjennomstrømmende sjøvann. Dette tilsvarer en total nedgang i tørrstoffinnhold på 28,66% for tørr lagring og 36,43% for lagring i gjennomstrømmende sjøvann etter 72 timer lagring under de respektive forholdene. Den største nedgangen i tørrstoffinnhold skjedde imidlertid i løpet av de 6 første timene lagring. Det ble i tillegg, ved bruk av en Tukey`s test, vist at bare tid 0 viste et signifikant høyere tørrstoffinnhold enn alle de andre tidspunktene. Dette betyr at

endringen i tørrstoffinnholdet hovedsakelig har funnet sted i løpet av de 6 første timene post høsting.

En nedgang i tørrstoffinnholdet vil hovedsakelig kunne skyldes to ulike faktorer, enten opptak av vann fra omgivelsene eller utskillelse av komponenter fra tarebladene. Da det ble observert relativt like verdier for nedgang i tørrstoffinnholdet under denne analysen vil det ikke være trolig at opptak av vann fra omgivelsene er en forklaring, derfor skyldes det trolig utskillelse av komponenter fra tarebladene i dette tilfellet. Det har tidligere blitt vist at sukkertare mister 20,4% av det opprinnelige tørrstoffinnholdet etter bare 2 timers oppbevaring i tanker med sjøvann post høsting (Stévant et al., 2017). Stévant et al. (2017) fant også at tørrstoffinnholdet økte marginalt igjen etter 6 timers lagring, og at 22 timer lagring i sjøvann ga en nedgang i tørrstoffinnhold fra $16,1 \pm 1,2\%$ til $13,5 \pm 0,8\%$, noe som tilsvarer en total nedgang i tørrstoffinnhold på 16,15%. Det ble også vist at totalinnholdet av karbohydrater sank, og særlig mannitol- og glukoseinnholdet ble lavere. I tillegg ble det observert en nedgang i innholdet av polyfenoler og fukoxantin over tid (Stévant et al., 2017). Om tørrstoffinnholdet økte igjen etter 6 timers lagring er ikke mulig å sammenligne med analysen gjort i denne oppgaven da det ikke ble tatt noen prøver mellom 0 og 6 timers lagring. Stévant et al. (2017) sin mulige forklaring på økningen i tørrstoff etter 6 timer lagring var at sukkertaren kan inneha en evne til å friskne til igjen etter påføring av stress ved å ta opp næringsstoffer fra omgivelsene.

I denne oppgaven ble tørrstoffinnholdet analysert til å utvikle seg relativt likt ved bruk av de to ulike lagringsmetodene, og det ble ikke funnet noen signifikante forskjeller mellom gruppene. Det ble ikke observert en signifikant nedgang i tørrstoffinnhold på undersøkelsene på sukkertaren av Stévant et al. (2017), noe som ble forklart med et stort standardavvik i tørrstoffinnhold ved oppstart av forsøket som kan ha gjort det vanskelig. Dette gjelder prøvene i denne oppgaven også, men det ble likevel mulig å avdekke signifikans, dette kan igjen tyde på store biologiske forskjeller fra blad til blad. Det er mulig det er knyttet utfordringer til dette da tidligere analyser har funnet lignende resultater som i denne oppgaven. Resultatene varierer litt, og det ser ikke ut til at nedgangen i tørrstoff utvikler seg likt gjennom lagringsperioden, dette kan være reelt eller vise at det finnes biologiske variasjoner i biomassen som er benyttet. Det ble likevel funnet en signifikant nedgang i tørrstoffinnholdet ved lenger lagringstid i denne oppgaven, og funnet at

nedgangen skjer svært tidlig i lagringsperioden. Det finnes flere metoder for behandling av taren etter høsting, men konsekvensene av tidlig behandling av tare er per dags dato for lite forsket på.

Det faktum at tørrstoffinnholdet synker betraktelig ved en kort lagringsperiode kan skape problemer for lønnsomheten ved tare dyrking. Dersom biomassen skal benyttes til produksjon av biodrivstoff eller andre prosesser som nyttiggjør seg av fermenterbare karbohydrater vil den store nedgangen i karbohydratinnholdet være en utfordring å håndtere. Det vil også kunne skje relativt store tap av bioaktive og ernæringsmessig gunstige komponenter fra taren ved lagring etter høsting. Det vil være viktig å få et bedre innblikk i hvorfor tørrstoffinnholdet synker så betraktelig etter bare 6 timers lagring, for å kunne optimalisere høsting- og mellomlagringsprosesser for sukkertare før videre prosessering. Et alternativ for å ikke tape disse komponentene som lekker ut ved lagring er å benytte seg av lagringsvannet for å kunne samle opp de tapte komponentene på ulike måter, som ved bruk av membranfiltrering (Stévant et al., 2017). Dette vil selvsagt også føre til økte kostnader, men det bør tas en vurdering på om dette kan være en mer lønnsom strategi.

5.5 Karbohydratanalyse av drypptapet

Det ble gjennomført en karbohydratanalyse for å finne ut om sukkermolekyler brytes ned i løpet av lagringsprosessen. En hypotese for denne analysen var at oligosakkarider i sukkertaren ville kunne ha betydning for evnen til å chelatere jernioner. Stévant et al. (2017) fant at etter 22 timers lagring i en tank med sjøvann hadde sukkertaren mistet $13 \pm 2\%$ av karbohydratinnholdet. Det er derfor interessant å finne ut om det samme skjer ved tørr lagring, og om disse karbohydratene kan finnes igjen i drypptapet. Resultatene fra denne analysen viste at det finnes monosukker, men bare 0,1g/l væske. Dette viser at hypotesen ikke stemte, og disse resultatene vil ikke kunne bidra til å forklare nedgangen i chelaterings evnen. At det finnes små mengder monosukker i drypptapet fra sukkertaren som ble lagret tørt vil virke sannsynlig. Det monosukkeret som ble funnet vil trolig kunne være mannose, men det er også en mulighet at det består av både glukose og mannose. Mannose og mannitol kan gjerne stå for hele 25% av tørrvekten til sukkertare. Det faktum at det ikke ble detektert noe nedbrutt alginat var noe overraskende, da alginat gjerne står for 47% av det totale karbohydratinnholdet i sukkertare. Dette må derfor tolkes som at det

ikke forekommer en omfattende nedbryting av alginat i perioden tidlig post høsting. Glukose i sukkertare finnes som oftest inne i celleveggen i form av cellulose (Stévant et al., 2017).

Det vil trolig forekomme små tap av suktermolekyler fra begge lagringsmetodene, og det kan være mulig at det forekommer et enda større tap fra lagring i gjennomstrømmende sjøvann. Ved bruk av den lagringsmetoden vil det kunne bli vasket bort i en større grad. Dersom dette skulle bekreftes burde sukkerinnholdet i bladene blitt analysert i begge prøvene med sukkertare etter endt lagringsforsøk. Dersom denne analysen blir diskutert i sammenheng med den store nedgangen i tørrstoffinnhold som ble observert vil det kunne være en indikator på at like stor andel komponenter har blitt tapt ved bruk av begge lagringsmetodene.

Et tørrstoffinnhold som har sunket med 28,66% i sukkertaren som ble lagret ved tørr lagring og 36,43% etter lagring i gjennomstrømmende sjøvann etter 72 timer lagring er som tidligere nevnt en stor nedgang. Dette tørrstoffet ville være forventet å finne igjen i drypptapet samlet opp fra bunnen av boksene. Det har også tidligere blitt vist at ved lagring av sukkertare vil totalinnholdet av karbohydrater synke, og da særlig mannitol- og glukoseinnholdet. Dette ville være forventet å finne igjen i drypptapet, men en annen mulig forklaring er at det har blitt utsondret fra bladene, men fortsatt var festet til overflaten av tarebladene, og ikke havnet i drypptapet. Det kan være en mulighet at det ligger en viskøs film på overflaten til bladene hvor komponenter samler seg opp, og derfor ikke vises i dryppet.

5.6 Evne til å binde jern

Evnen til å chelatere eller binde jernioner kan benyttes som en måleparameter på antioksidantaktiviteten til sukkertaren. Måten dette skjer på ved bruk av denne analysemetoden er at ferrozine danner et kompleks sammen jern, og absorbansen på dette sterkt fargede komplekset måles i spektrofotometer. Dersom tareekstraktet innehar egenskaper til å binde jernioner vil det bli dannet mindre grad av komplekser mellom jern og ferrozine da jernionene binder til andre komponenter, som igjen inhiberer dannelsen av dette komplekset. Chelateringsevnen i sukkertaren måles ved nedgangen fra den maksimale absorbansen av en løsning med jern-ferrozine komplekset, antioksidantaktivitet fra

sukkertarens komponenter vil altså inhibere dannelsen av dette sterkt blå/lilla fargede komplekset, og prøver som har komponenter som kan chelatere jern vil dermed få en svakere farge. Oksidasjonsprosesser starter ofte med et transisjonsmetall, og dersom en substans har evnen til å binde til dette metallet vil det kunne inhibere oksidasjonsprosessen på et enda tidlig stadium (Dinis et al., 1994). Det vil ofte være en fordel, særlig i næringsmiddelprodukter, å kunne inhibere oksidasjonsprosessen på et så tidlig stadium som mulig.

Resultatene fra dette forsøket viste chelateringsevne på mellom 11% og 14% ved gjennomsnitt av paralleller og gjentak i alle prøvene, mens EDTA som ble brukt som en standardprøve viste 100% evne til å binde jernioner. Det ble observert en utligger ved 48 timer lagring post høsting i gjentak 2, som viste 15,2% chelatering, dette var mye høyere verdi enn de ellers observerte gjentakene og forsøkene. Dette kan skyldes variasjon i biomassen eller andre feilkilder ved gjennomføring av forsøket. Dersom denne ble utelatt fra statistiske analyser ville p-verdien for faktoren lagringstid blitt 0,024, med den inkludert viste den p-verdi på 0,036.

Resultatene viste at lagringstid var den avgjørende faktoren, og prøvene mistet noe av evnen til å binde jern dess lenger de hadde vært lagret etter høsting, dette viste seg å være relativt like for begge lagringsmetodene. Dette kan skyldes utvasking av komponentene som innehar antioksidantkapasitet. Det kan likevel se ut som evnen til å binde jernioner går noe senere ned ved lagring i gjennomstrømmende sjøvann i forhold til den tørt lagrede sukkertaren. Da resultatene fra jernchelatering ble justert for tørrstoffinnholdet i de ulike prøvene ble det vist at evnen til å chelatere jern er proporsjonal med tørrstoffinnholdet i sukkertaren. Tid viste en signifikant forskjell, det gjorde også faktorene tid*gruppe og tid*gjentak, men faktorene gruppe og gjentak alene viste ingen signifikans. Det faktum at lagringstid vises som en signifikant faktor for å chelatere jern vil ha en sammenheng med nedgangen i tørrstoffinnholdet over lenger lagringstid.

Denne analysemetoden har tidligere blitt gjennomført av Wang et al. (2009), som delte sukkertarebladene i ny og gammel del. Resultatene fra den analysen viste en jernchelateringsevne på omtrent 15% fra den nye delen av bladet og 20% fra den eldre delen av bladet ved ekstraksjon i 70% aceton som løsemiddel. Ved bruk av ekstraksjon i vandig løsemiddel viste resultatene betraktelig bedre evne til å chelatere jernioner, omtrent

50% fra den eldre delen av bladet og 70% fra den nye delen av bladet. Dette bør tas med i betraktningen av resultatene fra denne oppgaven, da det ikke ble benyttet vandig løsemiddel, men en metanolløsning.

Resultatene fra Wang et al. (2009) sitt forsøk viste at den eldre delen på bladet generelt viste bedre evne til å chelatere jern enn den yngre delen. I denne oppgaven ble ikke dette gjort, noe som kan være en mulig forklaring til en del av gjentaksvariasjonene som ses i resultatene. Hver enkelt prøve ble veid inn bare fra ett tareblad, samtidig som gjentakene ble tatt fra andre blader enn ved første forsøk. Dette gjør at variasjonene ikke er usannsynlige, da noen blader var store og tykke mens andre var tynne og små, slike forskjeller som dette kan skyldes faktorer som tilgang til vekstsubstrat og sollys under vekstperioden. Det ble også rapportert fra Wang et al. (2009) at da prøvene med den unge delen av bladet fra sukkertare ble ekstrahert i vandig løsning ble løsningen svært viskøs, noe som ble forklart med det høye alginatinnholdet i sukkertare. Det samme ble observert ved utprøving av ekstraksjonsmetoder for denne oppgaven, og det valgte løsemiddelet ble derfor en metanolløsning.. Det faktum at løsningen blir svært viskøs vil kunne bidra til å senke ekstraksjonsutbyttet av komponenter som innehar eventuelle antioksidantegenskaper (Wang et al., 2009). I næringsmidler vil chelateringsevnen kunne påvirkes av andre faktorer, og kunne virke betydelig større enn den gjør i analysene.

Sulfaterte polysakkarider som fukoidan har blitt vist å ikke bare fungere som kostfiber, men også som viktige bidragsyttere til antioksidantaktiviteten som finnes i tare. Jiménez-Escrig et al. (2015) viste en signifikant korrelasjon mellom sulfatinnholdet i de ulike prøvene og antioksidantaktiviteten de viste. Wang et al. (2009) fant også at det totale innholdet av fenoler ikke viste korrelasjoner med evnen til å chelatere jern, og at en grunn til dette trolig kan være god metallbindingskapasitet også hos de sulfaterte polysakkaridene. Farvin og Jacobsen (2013) fant lignende resultater og viste at det totale innholdet av fenoler ikke viste seg å korrelere med chelateringsevnen til ekstraktet, dette tyder igjen på at de fenoliske komponentene ikke er de viktigste bidragsytterne med tanke på å binde opp jernioner. En annen studie av Jiménez-Escrig et al. (2012) viste at brunalgenes antioksidantkapasitet og fenolkonsentrasjon hadde korrelasjoner til fordel for fenolkomponenter i antioksidantmekanismene. Samtidig viste de at rødalgene hadde korrelasjoner mellom innholdet av sulfaterte polysakkarider og antioksidantegenskaper.

Wang et al. (2009) gjennomførte også forsøket med ekstraksjon i ulike løsemidler, hvor en vandig løsning og en løsning med 70% aceton ble benyttet. Resultatene herfra viste at vandig ekstraksjon oppnådde signifikant bedre evne til å chelatere jernioner enn ekstraksjon i aceton, det samme viste Farvin og Jacobsen (2013). Sulfaterte karbohydrater vil være godt løselige i vann og dette kan underbygge andre funn som viser at ekstraksjon i vandige løsninger ga bedre chelateringssegenskaper enn ekstraksjon i organiske løsemidler som metanol eller aceton (Jiménez-Escrig et al., 2012; Wang et al., 2009). Ved ekstraksjon i vandig og organisk løsemiddel ble det totale innholdet av polyfenoler i sukkertare vist å være relativt likt ved bruk av de ulike løsemidlene (Jiménez-Escrig et al., 2012).

Et samlet syn på litteratur vil kunne peke på at analysen trolig burde vært gjennomført ved bruk av et vandig løsemiddel for å kunne oppnå bedre grad av ekstraksjon enn det ble oppnådd ved bruk av et organisk løsemiddel. Alginatinnholdet kan, som tidligere nevnt, midlertid skape problemer med tanke på viskositeten på løsningen for videre analysering. Det ble vist av (Moen, 1997) at nedbrytingen av alginat ved lagring varierer stort mellom ulike arter av brunalgene. De som innehar et høyt innhold av polyfenoler vil ha lavere nedbrytingsrate av alginat, da alginat forsinker denne nedbrytingen. Dette er trolig tilfellet for sukkertaren i dette forsøket, og det faktum at det ble observert en svært viskøs løsning ved vandig ekstraksjon tyder også på dette. Ved karbohydratanalyse av dryppet fra den tørt lagrede sukkertaren ble det heller ikke detektert alginat, noe som stemmer godt overens med disse funnene, alt tyder dermed på at det ikke har skjedd stor grad av nedbryting av alginat i løpet av lagringsperioden.

5.7 Elementanalyse

Ved elementanalyse av prøvene med sukkertare ble det også analysert to referanseprøver som inneholder et kjent innhold av de ulike komponentene, dette for å sikre at metoden fungerer og klarer å detektere de stoffene den skal. Det ble benyttet en prøve med den akvatiske planten *Lagarosiphon major* (*L. major*) (BCR-0060) og en med landplanten spinat (NCS ZC73013). Disse viste sammen gode resultater, som betyr at metoden detekterer den det skal i prøvene og gir pålitelige resultater.

Som nevnt tidligere er de mest bekymringsverdige stoffene i sukkertare med tanke på humant konsum jod, kadmium og arsen, disse ble det funnet henholdsvis 3,6 g/kg tørrstoff, 0,33 mg/kg tørrstoff og 41 mg/kg tørrstoff av i sukkertaren direkte etter høsting. Det ble i denne oppgaven, ved bruk av en tabell som viser hvor mye som kan konsumeres før den øvre tolererbare grenseverdien overskrides, vist at jod er det mineralet som først vil være en begrensende faktor for inntaket av sukkertare. Det kan bare spises 0,85 g om dagen av den fersk, nettopp høstede sukkertare før den øvre toleransegrensen for jod overskrides, dette er en svært liten mengde. Dersom det konsumeres tørkede snacksprodukter av sukkertare vil mengden som kan inntas før den øvre toleransegrensen nås være betraktelig lavere, 0,15 g/d. Det finnes likevel metoder som vil kunne håndtere utfordringen angående jodinnholdet, som blansjering av tarebladene før tørking. Det finnes likevel ytterligere utfordringer ved slike behandlinger da det også kan endre på den øvrige mineralprofilen i sukkertaren (Stévant et al., 2018).

Både Sharma et al. (2018) og Cabrita et al. (2016) viste lignende resultater ved elementanalyse som det ble funnet i denne oppgaven. Sharma et al. (2018) fant ut at jodinnholdet varierte fra 1,6 g/kg tørrstoff i august, til 4,2 g/kg tørrstoff i juni. De viste også at innholdet av de ulike mineralene varierte stort med høstetidspunkt. Mineralene som ble funnet i lavere mengder ved senere høstetidspunkt var særlig K, B, As, Ni og I, mens de elementene som derimot gikk opp ved senere høstetidspunkt ble vist å være Ca, P, S, Sr, Zn, Cu, V, Cd, og Se. Det totale mineralinnholdet ble funnet høyest ved vekst på 8 m dybde og høsting i august, det ble også vist tendenser til at senere høsting ga et generelt høyere mineralinnhold (Sharma et al., 2018). Variasjoner som dette bør tas med i betraktningen ved diskusjon av resultatene fra denne oppgaven. Det finnes flere faktorer som spiller inn på variasjonen i resultatene fra elementanalyse på sukkertare. En av disse faktorene er høstetidspunkt, som analysert av blant andre Sharma et al. (2018), lagringsmetoder og lengde på lagringsperioden etter høsting som analysert i denne oppgaven i tillegg til flere andre faktorer som temperatur, vekstforhold, næringstilgang og lignende. Med tanke på at sukkertaren til denne oppgaven ble høstet svært tidlig vil resultatene i større grad kunne sammenlignes med andre tidlig høstede planter.

Det har tidligere blitt vist lignende verdier for innholdet av kadmium og jod fra sukkertare høstet i mai 2016 utenfor Pleubian i Frankrike av. Stévant et al. (2018) fant i denne

sukkertaren henholdsvis 0.22 ± 0.03 mg/kg tørrstoff og 4898 ± 166 mg/kg tørrstoff. Duinker (2014) fant et jodinnhold fra 2103-3960mg/kg tørrstoff i ulike deler av sukkertarebladet fra sukkertare høstet i mai ved Lindesnes fyr. Det ble da funnet at jodinnholdet var høyest nærmest stilken og avtok oppover tarebladet, dette viser at den nyere delen av bladet, som vokser ut fra bunnen har et høyere jodinnhold enn den eldre delen av bladet, som vil være ytterst. Dette ble ikke tatt i betraktning ved gjennomføring av elementanalyse i denne oppgaven, og det kan dermed være en mulig forklaring til de forskjellene som observeres for noen av elementene.

Stévant et al. (2018) gjennomførte et annet forsøk hvor sukkertaren etter høsting ble oppbevart i ferskvann (16°C), varmt ferskvann (32°C) og sjøvann (18°C). Resultatene fra dette viste at kaldt ferskvann og sjøvann ikke hadde innvirkning på jodinnholdet, mens varmt ferskvann senket jodinnholdet betraktelig. Jodinnholdet gikk fra et gjennomsnitt på over 6000 mg/kg tørrstoff til under 1000 mg/kg tørrstoff i løpet av den første timen i vannbadet. Stévant et al. (2018) viser med dette at selv om jodinnholdet i sukkertare kan være svært problematisk er det fullt mulig å prosessere den på en måte som eliminerer dette problemet.

Innholdet av kadmium i sukkertaren ble ikke vist å være like risikoforbundet som jod i forhold til den øvre tolererbare grenseverdien. Frankrike har satt en grenseverdi på 0,5 mg/kg tørrstoff, og dersom denne sammenlignes med resultatene fra denne oppgaven vil den ferske kontrollprøven av sukkertaren som viste 0,37 mg/kg tørrstoff være innenfor denne grenseverdien. Både lagring i gjennomstrømmende sjøvann og tørr lagring i 72 timer ga derimot kadmiuminnhold på henholdsvis 1,5 og 1,9 mg/kg tørrstoff, noe som overstiger den franske grenseverdien. Kadmiuminnholdet er et større problem i andre tarearter enn sukkertare, som for eksempel *Alaria esculenta* (*A. esculenta*) (Stévant et al., 2018). Sesongvariasjoner i innholdet av tungmetaller og mineraler vil kunne ha en betydelig effekt på innholdet av enkelte elementer i noen tarearter. Duinker (2014) fant at kadmiuminnholdet i en del arter viste tydelig nedgang gjennom høstesesongen (23/3-30/6), dette var imidlertid ikke tilfellet i sukkertaren. Ved å måle de ulike delene på sukkertare høstet i mai ble det tydelig at vevet nærmest stilken inneholdt den høyeste kadmiumkonsentrasjonen, og at dette innholdet avtok gradvis dess lenger ut mot spissen

på bladet målingene ble gjort. Dette vil kunne peke mot at også sukkertarens innhold av kadmium avtar gjennom sesongen (Duinker, 2014).

Både kadmium og arsen-innholdet i sukkertaren økte etter 72 timers lagring ved begge betingelsene, fra henholdsvis 0,33 → 1,9 mg/kg tørrstoff og 41 → 57 mg/kg tørrstoff etter tørr lagring og henholdsvis 0,33 → 1,5 mg/kg tørrstoff og 41 → 49 mg/kg tørrstoff etter lagring i gjennomstrømmende sjøvann. Det vil derfor være å foretrekke å konsumere den ferske sukkertaren fremfor de som har blitt lagret, da dette er stoffer som helst bør begrenses inntaket av dersom det lar seg gjøre. Disse resultatene kan også mulig forklare med at en stor del andre komponenter vaskes ut eller lekker ut, og det vil være relativt med tørrstoffinnholdet som går ned i løpet av den totale lagringsperioden på 72 timer post høsting.

Biotilgjengeligheten til jod er vesentlig for forståelsen av risikoer knyttet til for lave eller høye jodinntak. Absorpsjonen fra tarmen synes å være høy men det finnes en rekke bioaktive stoffer som kan hemme inkorporeringen i skjoldbruskkjertelen (Nasjonalt råd for ernæring, 2016). Tilgjengeligheten til jod ser samlet ut til å være langt fra 100% i kroppen, noe som vil være positivt ved større inntak av brunalger og produkter basert på dette. Den direkte sammenligningen som blir gjort i denne oppgaven vil derfor ikke være helt korrekt, men den gir en indikasjon på innholdet av jod sett i sammenheng med den øvre tolererbare grenseverdien satt av EFSA. I Japan er det få kjente tilfeller av sykdom forårsaket av inntak av brune makroalger, og tilfellene som er rapportert stammer fra kosttilskudd. Nordmenn er ikke genetisk like som japanere, men dette kan gi en pekepinn på risikoen forbundet med brunalger. Derfor er det fortsatt trolig at å inkorporere tare som en liten del av et ellers sunt kosthold vil være helsefremmende og kunne bidra positivt i kostholdet (Duinker, 2014).

Jerninnholdet i sukkertaren fra denne oppgaven ble analysert til å inneholde 103,33 mg jern/kg tørrstoff. Jerninnholdet er en av de faktorene som endrer seg mest i sukkertaren i løpet av lagringsperioden, og det har blitt vist å gå ned med hele 48% (103,33-54 mg/kg tørrstoff) ved bruk av tørr lagring, mens ved lagring i gjennomstrømmende sjøvann holder den seg relativt stabil (103,33-100 mg/kg tørrstoff). Sharma et al. (2018) fant at jerninnholdet i sukkertare varierer fra 53,7-114,8 mg/kg tørrstoff ved bruk av ulike

høstetidspunkter og vekst på ulike dybder. Vill sukkertare ble målt til å inneholde 111,1g/kg tørrstoff, noe som også ligger relativt likt som analysene fra dette forsøket viste.

Jerninnholdet kan være en gunstig faktor for sukkertarens næringsinnhold, og grupper særlig utsatt for jernmangel vil kunne dra nytte av produkter basert på sukkertare. Det anbefalte daglige inntaket av jern er satt til 16mg/dag for kvinner på 19-50 år, og for å oppfylle dette nivået må det konsumeres 15,49 g tørket sukkertare eller alternativt 71,7g fersk sukkertare. Dette er beregnet fra sukkertaren analysert i denne oppgaven som inneholder 103,33mg jern/kg tørrstoff. Sukkertaren vil derfor kunne være en tilleggskilde til jern, til andre etablerte jernkilder i kosten. Unge kvinner er også den gruppen i befolkningen som har høyest anbefalt inntak av jern grunnet menstruasjon, for menn er den anbefalte daglige inntaket halvert til 8 mg/dag. Med et jerninnhold på 103,33mg/kg tørrvekt tilsvarer dette 22,32mg/kg våtvekt. Jerninnholdet i fersk sukkertare kan sammenlignes med matvarer som rå karbonadedeig (22mg/kg), mager salami(20mg/kg), rå ytrefilet av store (21mg/kg) og stekte nakkekoteletter av svin (21mg/kg). Produkter som innehar svært høyt jerninnhold er produkter basert på blod og lever, som blodpudding (355mg/kg) og svinelever (180mg/kg) i tillegg til røkt reinsdyrkjøtt (173mg/kg) og hvalkjøtt (68mg/kg) (Matvaretabellen).

Det vil i disse produktene være stor forskjell på hvilken form jernet foreligger i, og biotilgjengelighet er svært viktig for jern. Hem-jern vil ha en mye høyere biotilgjengelighet enn uorganisk jern. Selv om inntaket er størst av ikke-hem-jern vil mesteparten av jernet som absorberes i tarmen likevel komme fra hem-jern. Hem-jern står for 10-15% av det totale jerninnholdet, og får over 40% av det som absorberes (Arnesen, 2015). Fra hem-jern vil bare 1-20% absorberes, noe som er svært lavt, dermed vil det ikke være tilstrekkelig å bare tenke på det totale jerninnholdet i et næringsmiddelprodukt. PRI-verdiene er likevel satt på bakgrunn av uorganisk jern, da faktorene fra hem-jern ikke regnes med i offentlige tabellen, beregningene gjort i denne oppgaven vil dermed være mulig å benytte og diskutere.

Et jerninnhold som er halvparten så høyt i den ene gruppen som i den andre skulle teoretisk sett være mulig å se på blankprøvene fra chelateringsanalysen. Dette ble imidlertid ikke tydelig observert, men det som var tydelig var at 0-prøven viste høyest absorbanse, deretter kom de tørt lagrede prøvene og prøvene lagret i gjennomstrømmende sjøvann viste lavest

absorbans. Figur 26 illustrerer denne utviklingen, og den viser gjennomgående at ved hvert prøvetakingstidspunkt hadde sukkertaren lagret i gjennomstrømmende sjøvann lavere absorbans enn den lagret i luft. Dette kan forklares med at det trolig vaskes bort større grad av komponenter og pigmenter fra lagring i gjennomstrømmende sjøvann.

Som følger av resultatene vist i dette forsøket er det ikke å anbefale å lagre sukkertaren tørt dersom den skal benyttes til humant konsum og/eller som ingrediens i næringsmidler. Det vil være ønskelig å beholde jerninnholdet gjennom lagring- og prosesseringsstegene for næringsinnholdet i sukkertaren. Dette forutsetter at jernet ikke vil fungere som en prooksidant som fører til økt grad av oksidasjon. Mange tareprodukter tørkes for konsum, og det vil være en viktig faktor å unngå oksidasjon i den grad det lar seg gjøre. Dersom jerninnholdet holder seg på nivået som den nettopp høstede sukkertaren i dette forsøket viste vil sukkertaren og produkter basert på denne kunne være gode kilder til jern. I dyrefôr derimot, er det ikke nødvendigvis gunstig med et høyt jerninnhold i kombinasjon med de marine fettsyrene som finnes i sukkertaren. Jern er en sterk prooksidant, og dette vil kunne gi økt grad av harskhet til fôrproduktene. Særlig hvis slike produkter tørkes vil det skje autooksidasjon.

Dersom det inntas større mengder sukkertare vil natriuminnholdet kunne skape ugunstige helseeffekter. En Na/K ratio under 1 vil være gunstig fra et ernæringsmessig ståsted. For den nettopp høstede sukkertaren er dette forhold på 0,32, for den lagret i 71 timer i gjennomstrømmende sjøvann er det 0,38 og for tørr lagring 0,30. Denne Ka/N ratioen gjør sukkertare til et gunstig råstoff for produksjon av salterstatningsprodukter. Natrium er, på tross av en god ratio til kalium, også en begrensende faktor ved inntak av sukkertare. Ved inntak av tørket sukkertare vil den anbefalte øvre grenseverdien for natriuminntak nås etter inntak av under 9g, og for fersk sukkertare ved et inntak på 41g. Sukkertare vil likevel kunne benyttes som krydder og som en salterstatter, både som egne produkter, men også som ingredienser til bruk i andre produkter.

Etter analysering av sukkertaren lagret 72 timer post høsting ved tørr lagring og ved lagring i gjennomstrømmende sjøvann ble det lagt merke til tap av en del mineraler, da særlig jern, i taren lagret tørt. Disse elementene som det ble detektert lavere mengder av ville vært forventet å kunne detektere ved elementanalyse av drypptapet. Dette viste seg å være

vanskelig, og langt fra alt som ikke ble vist i den tørt lagrede prøven var å finne i drypptapet. Elementprofilen i dryppet stemmer altså ikke med den elementprofilen som har forsvunnet fra tarebladene etter 72 timer ved tørr lagring for de tørkede prøvene. Som eksempel synes det som det er mistet mer jern enn det dryppet inneholder. Muligheten for at det manglende jernet sitter i en overflatefilm utenpå tarebladene er ikke helt logisk heller.

6 Videre arbeid

Det finnes ikke tilstrekkelig forskning rundt hva som skjer med sukkertare i løpet av lagringsperioden tidlig post høsting og før videre prosessering, heller ikke angående hvilke lagringsmetoder som er å foretrekke. Både mekanismene som fører til utlekking av komponenter og antioksidantegenskapene er lite beskrevet. Dersom disse mekanismene blir forklart grundig vil det kunne utvikles optimaliserte høste og lagringsteknologi som fører til best mulig kvalitet på sluttproduktet. På bakgrunn av at ulike komponenter vil være sluttproduktet ved bruk av alger er det mulig at ulike lagringsmetoder vil være best for ulike matprodukter.

En felles faktor som vil være svært lite ønskelig ved produksjon av ulike produkter fra sukkertare er den store nedgangen i tørrstoffinnhold, sammen med det faktum at den finner sted svært kort tid etter høsting. Dette vil kunne føre til store økonomiske tap i forhold til det opprinnelige tørrstoffinnholdet i taren ved høsting. Dette vil bli tydelig dersom sukkertaren selges i tørket form, med pris per kg tørket produkt. Mekanismene bak dette, når det inntreffer og hva som kan gjøres for å forhindre dette tørrstofftapet vil være viktig forskning for tareindustriens økonomiske forutsetninger.

I denne oppgaven ble verken det store tapet av tørrstoff eller mineralprofilen som hadde vist nedgang ved tørr lagring observert i drypptapet fra taren som ble lagret tørt. Det kan være en mulighet at disse komponentene som ikke blir funnet i dryppet, men som har blitt redusert i sukkertaren finnes som en viskøs film på overflaten av tarebladene, dette vil være interessant for fremtidige studier. Dette er faktorer som er viktig å få gjort rede på for å kunne utvikle potensielle løsninger på disse problemene.

7 Konklusjon

De tydeligste resultatene fra analysene gjennomført i denne oppgaven er at lagringstiden er den mest avgjørende faktoren for endringene som finner sted i sukkertaren. Alle analysene viste også at mesteparten av de signifikante endringene skjer i løpet av de 6 første timene etter høsting, noe som også har blitt vist tidligere. Tørrstoffet går betraktelig ned, lysheten går opp og evnen til å binde jern går noe ned. Resultatene mellom gruppene er ikke signifikant forskjellige for tørrstoffinnhold, for farge ses det signifikante forskjeller mellom gruppene for fargeparametrene a^* og b^* , og lysheten i taren ser ut til å gå opp i større grad hos sukkertaren lagret tørt.

Hovedproblemet ved lagring, som blir tydelig i denne oppgaven er den drastiske nedgangen i tørrstoffinnholdet. Dette bør det tas stilling til, og det bør finnes en løsning for å hindre det store tapet i tørrstoffinnhold, særlig dersom dette består av interessante komponenter. Det ble i denne oppgaven ikke observert noen signifikante forskjeller mellom de ulike lagringsmetodene med tanke på nedgangen i tørrstoffinnhold. Mer dokumentasjon angående hvilke komponenter som tapes, og ved hvilke mekanismer dette forgår, vil være nødvendig for å ta endelig stilling til hvilken lagringsmetode som kan brukes og endelig lagringstid.

Resultatene fra elementanalysen viser at sukkertaren vil ha et mer gunstig mineralinnhold etter lagring i gjennomstrømmende sjøvann enn ved tørr lagring. Dog kan det gjerne være negativt å benytte seg av lagring i gjennomstrømmende sjøvann for utvinning av lønnsomme komponenter fra sukkertaren da disse i større grad vil lekke ut eller bli vasket bort av sjøvannet. Komponenter som fukoidan, polyfenoler og fukoxantin vil kunne vaskes ut, noe som eventuelt vil føre til økonomiske tap. På bakgrunn av at sukkertare er en tareart som vokser i den nedre fjæresonen og ned mot 30 meters dyp vil ikke denne arten være eksponert for luft under naturlige betingelser. Sukkertaren benyttet i dette forsøket er dyrket på taustrukturer som vil befinne seg under vannoverflaten til enhver tid. Disse plantene har derfor ikke tidligere blitt eksponert for luft, og dette kan gi kultivert sukkertare dårligere egenskaper for å håndtere stress som følger av uttørking. Dette kan derfor bli synlig ved bruk av lagringsmetoder hvor sukkertaren er eksponert for luft.

Det er også tidligere funn som tilsier at ved lagring i luft vil flere ulike tarearter oppleve økt grad av stress som kan føre til reaktive oksygenforbindelser og skade på cellemembraner (Stévant et al., 2017). Dette kan igjen føre til utlekking av noen komponenter, og kan forklare hvorfor det ble observert større utlekking av komponenter fra den tørt lagrede taren. Det er ikke fullstendig klarhet i om ulike lagringsmetoder vil være å foretrekke for ulike bruksområder på sukkertaren, men det vil for produksjon av biodrivstoff være viktig å ivareta det høye innholdet av fermenterbare karbohydrater og for næringsmidler vil det være viktig å oppnå best mulig næringsinnhold og ivareta de helsefremmende mineralene og sporstoffene som finnes.

Dersom alle resultatene ses under ett vil lagring i gjennomstrømmende sjøvann i mange tilfeller være å foretrekke. Det vil gi taren mer naturlige omgivelser, noe som kan gjøre den mindre stresset samtidig som temperaturen holder seg lav, særlig dersom det benyttes gjennomstrømning av sjøvann.

8 Litteraturliste

America, S. F. P. N. (2013). Defining and Communicating Color: The CIELAB System.

Arnesen, E. (2015). *Mat som forhindrer jernmangel*. I: Landsforeningen for hjerte- og lungesyke (red.). Landsforeningen for hjerte- og lungesyke, . Tilgjengelig fra: <https://www.lhl.no/et-sunnere-liv/ernaring-mat-og-helse/mat-som-forhindrer-jernmangel/> (lest 8.5.2019).

Artsdatabanken. Artsdatabanken. Tilgjengelig fra: <https://www.artsdatabanken.no/Taxon/Saccharina%20latissima/107237> (lest 5.4.2019).

Bhattacharjee, S. & Islam, G. (2014). Seaweed antioxidants as novel ingredients for better health and food quality: bangladesh prospective. *Proc Pak Acad Sci*, 51: 215-233.

Bux, F. & Chisti, Y. (2016). *Algae biotechnology : products and processes*. 1st ed. 2016. utg. Switzerland: Springer.

Cabrita, A. R., Maia, M. R., Oliveira, H. M., Sousa-Pinto, I., Almeida, A. A., Pinto, E. & Fonseca, A. J. (2016). Tracing seaweeds as mineral sources for farm-animals. *Journal of applied phycology*, 28 (5): 3135-3150.

Chapman, V. (1980). *Seaweed and their uses* third utg. Chapman and Hall.

Chew, Y. L., Lim, Y. Y., Omar, M. & Khoo, K. S. (2008). Antioxidant activity of three edible seaweeds from two areas in South East Asia. *LWT-Food Science and Technology*, 41 (6): 1067-1072.

Croce, R. & Van Amerongen, H. (2014). Natural strategies for photosynthetic light harvesting. *Nature chemical biology*, 10 (7): 492.

Dalen, M. (2009). Et hav av muligheter. *Bellona*, Dyrking av makroalger

Decker, E. A. & Welch, B. (1990). Role of ferritin as a lipid oxidation catalyst in muscle food. *Journal of Agricultural and food Chemistry*, 38 (3): 674-677.

Dinis, T. C., Madeira, V. M. & Almeida, L. M. (1994). Action of phenolic derivatives (acetaminophen, salicylate, and 5-aminosalicylate) as inhibitors of membrane lipid peroxidation and as peroxy radical scavengers. *Archives of biochemistry and biophysics*, 315 (1): 161-169.

Duinker, A. (2014). *Alger: Mat-Forskning-Formidling: Mineraler og tungetaller i alger fra lindesnes*: Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning (NIFES).

European Food Safety Authority. (2017). Dietary Reference Values for nutrients Summary report. *EFSA Supporting Publications*, 14 (12): e15121E.

Farvin, K. S. & Jacobsen, C. (2013). Phenolic compounds and antioxidant activities of selected species of seaweeds from Danish coast. *Food chemistry*, 138 (2-3): 1670-1681.

Fondriest Environmental. (2014). *Algae, Phytoplankton and Chlorophyll*. Fundamentals of Environmental Measurements Fondriest ENvironmental, Inc. . Tilgjengelig fra: <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/algae-phytoplankton-chlorophyll/> (lest 2.5.2019).

Frey, R. F., Donlin, M. J. & Bashkin, J. K. (1995). *Ferritin Molecular-Graphics Tutorial Iron in Biology: Study of the Iron Content in Ferritin, The Iron-storage Protein*. Department of Chemistry, Washington University St. Louis, MO 63130. Tilgjengelig fra: <http://www.chemistry.wustl.edu/~edudev/LabTutorials/Ferritin/FerritinTutorial.html> (lest 24.4.2019).

Handå, A., Forbord, S., Broch, O. J., Richardsen, R., Skjermo, J. & Reitan, K. I. (2009). *Dyrking og anvendelse av tare, med spesiell fokus på bioenergi i nordområdene*: SINTEF Fiskeri og havbruk.

Haugen, M., Frøyland, L., Henjum, S., Løvik, M., Stea, T. H., Strand, T. A., Parr, C. L. & Holvik, K. (2019). Assessment of Dietary Intake of Manganese in Relation to Tolerable Upper Intake Level. *European Journal of Nutrition & Food Safety*: 91-93.

Helsedirektoratet. (2012). *Kosthåndboken, Veileder i ernæringsarbeid i helse- og omsorgstjenesten*. I: Arsky, G. H. A. R.-L. B. B., Ole. m.fl. (red.). Helsedirektoratet: Helsedirektoratet.

Holdt, S. L. & Kraan, S. (2011). Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation. *Journal of applied phycology*, 23 (3): 543-597.

Indergaard, M. (2010). Tang og tare-i hovedsak norske brunalger: Forekomster, forskning og anvendelse.

Jiménez-Escrig, A. & Sánchez-Muniz, F. (2000). Dietary fibre from edible seaweeds: chemical structure, physicochemical properties and effects on cholesterol metabolism. *Nutrition Research*, 20 (4): 585-598.

Jiménez-Escrig, A., Gómez-Ordóñez, E. & Rupérez, P. (2012). Brown and red seaweeds as potential sources of antioxidant nutraceuticals. *Journal of applied phycology*, 24 (5): 1123-1132.

Jiménez-Escrig, A., Gómez-Ordóñez, E. & Rupérez, P. (2015). Infrared characterisation, monosaccharide profile and antioxidant activity of chemical fractionated polysaccharides from the edible seaweed sugar Kombu (*Saccharina latissima*). *International Journal of Food Science & Technology*, 50 (2): 340-346.

Karlsen, A. (2010). *Har antioksidanter helseeffekter?* Bioingeniøren. Tilgjengelig fra: <https://bioingenioren.no/contentassets/a3d609234fd9488aaf1366decd3f9d86/har-antioksidanter-helseeffekter.pdf> (lest 12.4.2019).

Karlsson-Drangsholt, A., van Nes, S., Fieler, R., Hansen, P. K., Chapman, A. S., Stévant, P. F. D., Rebours, C., Siikavuopio, S. I., Mortensen, A. & Robertsen, R. (2017). Miljøkonsekvensanalyse: Integrert havbruk i Norge. September 2017.

- Lavik, A. (2019). *Kimplanteproduksjon og tidlig vekststadiet av tare, Seaweed Energy Solutions*
- Leung, A. M. & Braverman, L. E. (2014). Consequences of excess iodine. *Nature Reviews Endocrinology*, 10 (3): 136.
- Li, B., Lu, F., Wei, X. & Zhao, R. (2008). Fucoïdan: structure and bioactivity. *Molecules*, 13 (8): 1671-1695.
- Li, Y.-X., Wijesekara, I., Li, Y. & Kim, S.-K. (2011). Phlorotannins as bioactive agents from brown algae. *Process Biochemistry*, 46 (12): 2219-2224.
- Lunestad, B. T. (2016). *Dette vet vi om mattrygghet for tang og tare I: NIFES (red.)*. NIFES Tilgjengelig fra: <https://nifes.hi.no/dette-vet-vi-om-mattrygghet-tang-og-tare/> (lest 5.5.2019).
- Mattilsynet. (2019). *Er det trygt å spise tang og tare?* . Matportalen.no Tilgjengelig fra: http://www.matportalen.no/uonskedestoffer_i_mat/tema/miljogifter/er_det_trygt_aa_spise_tang_og_tare (lest 5.4.2019).
- Matvaretabellen. Tilgjengelig fra: <https://matvaretabellen.no> (lest 29.4.2019).
- McHugh, D. J. (2003). A guide to the seaweed industry.
- Moen, E. (1997). *Biological degradation of brown seaweeds*: Ph. D. Thesis, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway.
- Moroney, N., O'Grady, M., Lordan, S., Stanton, C. & Kerry, J. (2015). Seaweed polysaccharides (laminarin and fucoïdan) as functional ingredients in pork meat: An evaluation of anti-oxidative potential, thermal stability and bioaccessibility. *Marine drugs*, 13 (4): 2447-2464.
- Mouritsen, O. G. (2013). *Seaweeds : edible, available, & sustainable*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Nasjonalt råd for ernæring. (2016). Risiko for jodmangel i Norge - Identifisering av et akutt behov for tiltak.
- Nirmal, A. (2018). *A Color Spectrum Chart With Frequencies and Wavelengths*. Science Struck Tilgjengelig fra: <https://sciencestruck.com/color-spectrum-chart> (lest 4.4.2019).
- Nordic Council of Ministers. (2014). *Nordic Nutrition Recommendations 2012: integrating nutrition and physical activity*: Nordic Council of Ministers.
- Norsk helseinformatikk. (2017). *Jernmangelanemi*. I: helseinformatikk, N. (red.). Tilgjengelig fra: <https://nhi.no/sykdommer/blod/anemier/jernmangelanemi/?page=all>
- Paull, R. E. & Chen, N. J. (2008). Postharvest handling and storage of the edible red seaweed *Gracilaria*. *Postharvest biology and technology*, 48 (2): 302-308.
- Pereira, L. (2011). A review of the nutrient composition of selected edible seaweeds. *Seaweed: Ecology, nutrient composition and medicinal uses*: 15-47.

- Pérez, M., Stupak, M., Blustein, G., Garcia, M. & Lindblad, L. M. (2009). Organic alternatives to copper in the control of marine biofouling. I: *Advances in Marine Antifouling Coatings and Technologies*, s. 554-571: Elsevier.
- Perron, N. R. & Brumaghim, J. L. (2009). A review of the antioxidant mechanisms of polyphenol compounds related to iron binding. *Cell biochemistry and biophysics*, 53 (2): 75-100.
- Pubchem. *Pubchem: Alginate, Mannitol, Laminarin*. Tilgjengelig fra: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/131704328> (lest 29.4.2019).
- Rahal, A., Kumar, A., Singh, V., Yadav, B., Tiwari, R., Chakraborty, S. & Dhama, K. (2014). Oxidative stress, prooxidants, and antioxidants: the interplay. *BioMed research international*, 2014.
- Redmond, S., Green, L., Yarish, C., Kim, J. & Neefus, C. (2014). New England seaweed culture handbook.
- Roleda, M. Y., Skjermo, J., Marfaing, H., Jónsdóttir, R., Rebours, C., Gietl, A., Stengel, D. B. & Nitschke, U. (2018). Iodine content in bulk biomass of wild-harvested and cultivated edible seaweeds: inherent variations determine species-specific daily allowable consumption. 254. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.02.024.
- Sharma, P. & Sharma, N. (2017). Industrial and biotechnological applications of algae: a review. *Journal of Advances in Plant Biology*, 1 (1): 01.
- Sharma, S., Neves, L., Funderud, J., Mydland, L. T., Øverland, M. & Horn, S. J. (2018). Seasonal and depth variations in the chemical composition of cultivated *Saccharina latissima*. *Algal research*, 32: 107-112.
- Skui, M. (2016). *Kalium og hjertet*. I: LHL (red.). LHL. Tilgjengelig fra: <https://www.lhl.no/et-sunnere-liv/ernaring-mat-og-helse/kalium-og-hjertet/>
- Solsletten, V. (2018). Interessen for dyrking av alger i Norge øker. *Tekfisk*. Tilgjengelig fra: <https://fiskeribladet.no/tekfisk/nyheter/?artikkel=60072> (lest 11.4.2019).
- Stévant, P., Marfaing, H., Rustad, T., Sandbakken, I., Fleurence, J. & Chapman, A. (2017). Nutritional value of the kelps *Alaria esculenta* and *Saccharina latissima* and effects of short-term storage on biomass quality. *Journal of Applied Phycology*, 29 (5): 2417-2426. doi: 10.1007/s10811-017-1126-2.
- Stévant, P., Marfaing, H., Duinker, A., Fleurence, J., Rustad, T., Sandbakken, I. & Chapman, A. (2018). Biomass soaking treatments to reduce potentially undesirable compounds in the edible seaweeds sugar kelp (*Saccharina latissima*) and winged kelp (*Alaria esculenta*) and health risk estimation for human consumption. *Journal of applied phycology*, 30 (3): 2047-2060.
- Thermo Fisher Scientific. *Comparison of ICP-OES and ICP-MS for Trace Element Analysis*. Tilgjengelig fra: <https://www.thermofisher.com/no/en/home/industrial/environmental/environmental-learning-center/contaminant-analysis-information/metal-analysis/comparison-icp-oes-icp-ms-trace-element-analysis.html> (lest 25.3.2019).

Wang, T., Jonsdottir, R. & Ólafsdóttir, G. (2009). Total phenolic compounds, radical scavenging and metal chelation of extracts from Icelandic seaweeds. *Food chemistry*, 116 (1): 240-248.

Wijesekara, I., Pangestuti, R. & Kim, S.-K. (2011). Biological activities and potential health benefits of sulfated polysaccharides derived from marine algae. *Carbohydrate polymers*, 84 (1): 14-21.

Yoshie-Stark, Y. & Suzuki, T. (2002). Antioxidative or prooxidative effects of seaweed fractions in oil emulsion model. *Fisheries science*, 68 (sup2): 1460-1463.

Zimmermann, M. B. (2009). Iodine Deficiency. *Endocrine Reviews*, 30 (4): 376-408. doi: 10.1210/er.2009-0011.

Aadland, C. (2018). *Sjekker om tare har for mye jod*. Tekfisk. Tilgjengelig fra: <https://fiskeribladet.no/tekfisk/nyheter/?artikkel=60167> (lest 12.4.2019).



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway