



NTNU

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet NTNU

Institutt for bioteknologi og matvitenskap

Bacheloroppgave 2019

20 studiepoeng

## Tørking av sukkertare (*Saccharina latissima*)

En undersøkelse av hvordan ulike tørkemetoder og forbehandlingsprosesser påvirker tørkekinetikk og kvalitet

### Drying of sugar kelp (*Saccharina latissima*)

An examination of how different drying methods and pretreatment affects drying kinetics and quality



utført av

Andrea Hagen

Christian Finnseth

Simen Sørbo

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

## Sammendrag

Hensikten med denne bacheloroppgaven var å finne ut hvordan ulike forbehandlinger (ubehandlet, skylt og blansjert) og tørkemetoder ville påvirke tørkekinetikk og kvalitet hos sukkertare (*Saccharina latissima*).

Sukkertare ble atmosfærisk tørket i klimakammer ved 60 °C og 80 °C (10 % RH), i tillegg ble den vakuamtørket ved 40 °C og 60 °C (0,3 mbar), og vakuumfrysetørket ved -20 °C (0,3 mbar). Tørkekinetikk og kvalitet ble analysert og vurdert opp mot alle forbehandlinger og temperaturer, med unntak av vakuumfrysetørket sukkertare ved som kun ble analysert for kvalitet.

For å undersøke kvaliteten ble det analysert for fargekarakteristikk, vannaktivitet ( $a_w$ ), og innhold av jod (I), salt (NaCl), natrium (Na) og kalium (K). Tørkekinetikk ble analysert ved å veie sukkertaren underveis i tørkeprosessen, og analysere for vanninnhold, vannforhold, tørkehastighet, tørrstoff og vanninnhold ved likevekt.

Forsøket viste at blansjering var den forbehandling som i størst grad reduserte innhold av jod, salt, natrium og kalium. Na:K-forholdet var lavt for alle prøvene. Samtlige tørkeresultater viser til et tilstrekkelig tørt produkt med lavt vanninnhold og vannaktivitet som begrenser mikrobiell forringelse, med unntak av blansjert atmosfærisk tørket sukkertare ved 60 °C.

Ut fra analysene for tørkekinetikk og kvalitet kan det konkluderes med at blansjert, vakuamtørket sukkertare ved 40 °C vil gi et produkt med høy kvalitet med tanke på konsum. Fra et kostnadseffektivt perspektiv kan det anbefales blansjert atmosfærisk tørket sukkertare ved 60 °C.

## Abstract

The overall purpose of this thesis was to determine how various pretreatments (raw, rinsed and blanched) and drying methods would affect the drying kinetics and quality of sugar kelp (*Saccharina latissima*).

The sugar kelp was atmospherically dried in a climate chamber at 60 °C and 80 °C (10 % RH). In addition, it was vacuum-dried at 40 °C and 60 °C (0,3 mbar), and vacuum-freeze-dried at -20 °C (0,3 mbar). The drying kinetics and quality were analyzed and studied at all pretreatments and temperatures, apart from vacuum-freeze-dried sugar kelp at -20 °C which were only analyzed for quality.

To examine the quality, it was analyzed for colorimetric characteristics, water activity ( $a_w$ ), and the content of iodine (I), salt (NaCl), sodium (Na) and potassium (K). Drying kinetics were analyzed by weighing the sugar kelp during the drying process, in order to analyze moisture content (d.b.), moisture ratio, drying rate, dry matter and equilibrium moisture content.

The experiment showed that blanching was the pretreatment that reduced the content of iodine, salt, sodium and potassium to the greatest extent out of the three treatments. The Na:K ratio was low in all samples. All of the drying results refer to a sufficiently dry product with low moisture content (d.b.) and water activity which limits microbial deterioration, with the exception of blanched atmospheric-dried sugar kelp at 60 °C.

Based on the analyzes for drying kinetics and quality, it can be concluded that blanched, vacuum-dried sugar kelp at 40 °C will produce a high-quality product for human consumption. From a cost-effective perspective, blanched atmospheric dried sugar kelp at 60 °C can be recommended.

## Forord

Denne bacheloroppgaven ble skrevet som avsluttende oppgave for studiet matteknologi ved Institutt for bioteknologi og matvitenskap ved NTNU i Trondheim. Arbeidet med oppgaven ble i hovedsak utført på Institutt for energi og prosesssteknikk på Dewatering and Food Engineering Laboratory på NTNU Gløshaugen, i tidsrommet mars til mai 2019. Jodanalyse ble utført ved Institutt for kjemi på Realfagsbygget.

Kostnadene i forbindelse med prosjektet ble dekket av NTNU. Leverandør av sukkertaren var Seaweed Energy Solutions (SES).

Vi ønsker å rette en stor takk til vår hovedveileder Kirill Mukhatov og Ignat Tolstorebrov for god veiledning og støtte underveis i prosjektet. Videre vil vi takke Syverin Lierhagen (v/ Institutt for kjemi) for bistand til gjennomførelse av jod-analyser. Takk til Maren Sæther fra SES for leveranse av sukkertare, samt for å ha gitt tilbakemelding på foreløpige resultarer.

Denne oppgaven har gitt oss et stort læringsutbytte på flere områder. Det har vært en givende prosess som vi vil dra stor nytte av i videre studier og arbeidsliv.

Simen Sørbo    Andrea Hagen    Christian Finnseth

Trondheim, 20.5.2019

# Innholdsfortegnelse

<b>1 INTRODUKSJON .....</b>	<b>1</b>
<b>2 TEORI.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1 SUKKERTARE .....</b>	<b>2</b>
<b>2.2 MORFOLOGI.....</b>	<b>2</b>
<b>2.3 HVORDAN KAN TARE PROSESSERES?.....</b>	<b>3</b>
<b>2.4 TØRKETEORI .....</b>	<b>4</b>
2.4.1 DRYING RATE (TØRKEHASTIGHET).....	5
<b>2.5 NÆRINGSVERDI I SUKKERTARE.....</b>	<b>6</b>
2.5.1 JOD .....	6
2.5.1.1 Jod og helse.....	7
2.5.2 SALT, NATRIUM OG KALIUM I TARE.....	7
<b>2.6 ØKONOMI OG MILJØ .....</b>	<b>8</b>
<b>3 MATERIALER OG METODER .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1 RÅMATERIALE .....</b>	<b>8</b>
<b>3.2 UTSTYR.....</b>	<b>9</b>
<b>3.3 EKSPERIMENTBESKRIVELSE.....</b>	<b>10</b>
3.3.1 BLANSJERING.....	12
3.3.2 SKYLLING I VANN.....	12
<b>3.4 TØRKEPROSESS .....</b>	<b>13</b>
3.4.1 VAKUUMTØR KING.....	14
3.4.2 ATMOSFÆRISK TØR KING .....	15

3.4.3	VAKUUMFRYSETØR KING .....	15
<b>3.5</b>	<b>KJEMISKE ANALYSER .....</b>	<b>16</b>
3.5.1	JOD.....	16
3.5.2	SALT .....	17
3.5.3	NATRIUM OG KALIUM .....	18
<b>3.6</b>	<b>FYSISKE ANALYSER .....</b>	<b>18</b>
3.6.1	BESTEMMELSE AV VANNAKTIVITET .....	18
3.6.2	BESTEMMELSE AV FARGEKARAKTERISTIKK .....	18
3.6.3	BESTEMMELSE AV MOISTURE CONTENT (VANNINNHold) .....	20
3.6.4	BESTEMMELSE AV MOISTURE RATIO (VANNFORHOLD).....	21
3.6.5	BESTEMMELSE AV TØRKEHASTIGHET.....	21
<b>4</b>	<b>RESULTATER OG DISKUSJON.....</b>	<b>22</b>
<b>4.1</b>	<b>TØRKEPROSESS .....</b>	<b>22</b>
<b>4.2</b>	<b>FYSISKE ANALYSER .....</b>	<b>22</b>
4.2.1	VANNFORHOLD.....	22
4.2.1.1	Atmosfæretørket sukkertare ved 60 °C og 80 °C.....	22
4.2.1.2	Vakuuntørket sukkertare ved 40 °C og 60 °C.....	24
4.2.2	TØRKEHASTIGHET .....	25
4.2.3	VANNAKTIVITET OG VANNINNHold .....	27
4.2.4	FARGEKARAKTERISTIKK .....	29
<b>4.3</b>	<b>KJEMISKE ANALYSER.....</b>	<b>33</b>
4.3.1	JOD.....	33
4.3.2	SALT .....	36
4.3.3	NATRIUM OG KALIUM .....	38
<b>4.4</b>	<b>KOSTNADER VED TØR KING AV SUKKERTARE.....</b>	<b>40</b>

<b>5</b>	<b>KONKLUSJON.....</b>	<b>41</b>
<b>5.1</b>	<b>ANBEFALING TIL VIDERE FORSKNING .....</b>	<b>42</b>

Forsidebilde: Illustrasjon av Hanne Martinsen

## Nomenklatur

AT – atmosfærisk tørking

$a_w$  – vannaktivitet

$C^*$  – Chrominance (CIE  $L^*C^*h^*$  fargeskala)

DR – drying rate (tørkehastighet)

$h^*$  – Hue, fargetone (CIE  $L^*C^*h^*$  fargeskala)

ICP-MS – induktivt koplet plasma massespektrometer

$L^*$  – Lightness (lyshet) (CIE  $L^*C^*h^*$  fargeskala)

LOD – deteksjonsgrense

LOQ – kvantifiseringsgrense

MR – Moisture ratio (vannforhold)

M – moisture content (vanninnhold)

RH – relativ humidity (relativ luftfuktighet, %)

TMAH – Tetramethylammonium hydroxide

VFT – vakuumfrysetørking

VT – vakuomtørking

$X_{d.b.}$  – g vann/g dry basis

$X_{w.b.}$  – g vann/g wet basis



# 1 Introduksjon

Tare brukt som mat er et veldig tidsriktig tema med tanke på bærekraft og miljø, samt utnyttelse av marine ressurser. Siden alger kan vokse i omtrent alle klima globalt, har dyrkingen minimale miljøpåkjenninger (Mahadevan, 2015) For at en skal kunne møte verdens etterspørsel for mat kan alger være et viktig supplement. Innen 2050 estimeres det at verdens matproduksjon må øke med omkring 70 % for å møte det økende matbehovet (FAO, 2009). Akvakultur har et stort potensial for å møte denne utviklingen. Forskning på bruk av tare til mat er derfor viktig i denne sammenhengen.

Det er viktig å konservere taren på en hensiktsmessig måte, hvor både kvalitet og næringsinnhold sikres. Tørking er en velkjent konserveringsmetode, og mesteparten av taren solgt på markedet i dag er tørket. Metoden bidrar til å senke vannaktiviteten i produktet, og reduserer mikrobers evne til å vokse, som gir økt holdbarhet. Ettersom tare imidlertid inneholder store mengder vann (fra 75-92 % w.b.), kan industriell tørking være kostbart. I land som Asia tørkes ofte tare ute ved hjelp av sollys – denne metoden vil ikke være effektiv i Norge. Dette skyldes både naturgitte betingelser som klima, men også at en må sikre sporbarhet og mattryggheten til den tørkede taren. (Pierrick Stévant et al., 2017)

Fokuset ved denne oppgaven vil være å undersøke hvordan en kan utvikle effektive tørkemeter for sukkertare. Dette gjøres ved å undersøke hvordan ulike forbehandlinger kombinert med ulike tørkemeter påvirker sluttproduktet med hensyn på tørkekinetikk og kvalitet. Tørkekinetikken i oppgaven vil omhandle vanninnhold, tørkehastighet, tørrstoff og vannforhold. Kvalitet er her definert som sukkertarens kjemiske egenskaper som innhold av jod, salt, natrium og kalium, samt ved å se på ulike fysiske parametere som fargekarakteristikk og vannaktivitet. Ved å forstå mer av hvordan ulike prosesseringer påvirker råstoffet kan en utvikle gode metoder for utnyttelse av sukkertare som en mattilsetning. Derfor vil det også være interessant å vurdere hvilken tørkemeter og forbehandling som kan være best egnet for kommersielt bruk. Dette legger grunnlag for problemstillingen i denne oppgaven:

*Hvordan vil ulike forbehandlinger og tørkemeter påvirke tørkekinetikk og kvalitet til sukkertare (Saccharina latissima)?*

## 2 Teori

Alger er en samlebetegnelse for en rekke viktige organismer som finnes i et bredt spekter av maritime habitater. De vokser og befinner seg hovedsakelig i hav, elver, ferskvannssjøer og dammer. Størrelsen på en alge kan variere stort, og en differensierer ofte mellom mikroalger og makroalger. Vanligvis går makroalger under betegnelsen «tang og tare», og kan videre deles inn i brunalger, rødalger og grønnalger. Brunalger består av ca. 1800 arter i 285 forskjellige slekter. I norsk marin flora eksisterer det 175 arter i sjøvann, og to arter i ferskvann. (Andersen, 2015; Egeland, 2018; Verma et al., 2015, s. V)

### 2.1 Sukkertare

Sukkertare er en fotosyntetiserende brunalge som tilhører familien *Laminariaceae* innen orden *Laminariales*. Den har en vid geografisk utbredelse på den nordlige halvkule, og er en kaldtvannsart. Den vokser som regel på skjermede omgivelser i sjøsonen (sublittoralsonen), og kan vokse helt ned til 30 meter under havoverflaten. Temperaturen for optimal vekst er mellom 10-15 °C, men studier har vist at den høyeste målte temperatur for vekst er 23 °C. (Steinhovden, 2011, s. 7-8)

### 2.2 Morfologi

Morfologien til sukkertare kan variere ut fra flere abiotiske (fysisk-, kjemiske-) og biotiske faktorer. Sukkertare har en brun farge med et grønnskjær, som skyldes pigmenter som fucoxanthin, violaxanthin, samt klorofyll a og c. Den har en rund, glatt og fleksibel stilk som kan variere fra ca. 5-50 cm, og har som regel en diameter på rundt 5-8 mm. Bladet er festet til stilken med et forgrenet festeorgan (hapter). Bladene (lamina) har normalt sett en bredde på 10-30 cm og kan bli opp til 1-3 m lange. Kantene på bladene er ofte bølgete, mens midtpartiet er tykkere. Utseende kan likevel variere en del ut fra voksested. (Foldal, 2018, s. 3; Steinhovden, 2011, s. 9-10)



*Figur 1: Sukkertare (S. latissima). Foto: Jennifer Steen Booher*

### 2.3 Hvordan kan tare prosesseres?

Makroalger blir benyttet som mat, mattilsetning, fôrtilskudd, alginat, agar, i farmasøytindustrien og i kosmetikk. I medisin er alger ofte benyttet for å behandle jodmangel i kroppen. Brunalger har lenge vært benyttet i fôr til husdyr. Årsaken til dette skyldes brunalgers høye innhold av vitaminer, mineraler og sporstoffer. (FAO, 2018, s. 52; Rueness, 2018)

Ettersom makroalger har et høyt vanninnhold vil de raskt bli forringet og få redusert kvalitet. Tørking av råstoffet senker vannaktiviteten i taren, og gjør den mindre utsatt for mikrobiell vekst og forringelse. Tørking påvirker de fysiske, biologiske og ernæringsmessige egenskapene til tare. Ved høye temperaturer vil næringsverdiene hos brunalger påvirkes i stor grad. (Fudholi et al., 2014; Hurtado et al., 2014; Lemus et al., 2008)

Tare er også kjent for å kunne bli brukt som biodrivstoff. Det er ønskelig å benytte mer biodrivstoff, da dette gir høyere energigjenvinning enn fossilt drivstoff gjør. Selv om prisen for biodrivstoff produsert av tare er mer kostbar enn fossilt drivstoff, er det estimert at biodrivstoff av tare vil dominere 75 % av markedet i fremtiden. (Vo Hoang Nhat et al., 2018, s. 1)

## 2.4 Tørketeori

Tørking er en komplisert prosess, uavhengig av produkt, hvor en har overføring av varme og masse samtidig inne i produktet. Varmetransport fører til vannfordamping, og vanddampen transporteres vekk fra produktet. Varmeoverføringen skjer når produktet er i kontakt med varmemediet, som da har en høyere temperatur, via overflaten av produktet og inn til kjernen. Samtidig skjer det varmeoverføring fra ett punkt til et annet inne i produktet. Både varme og masse vil søke mot steder med lavere konsentrasjoner. (Anandharamakrishnan & Ishwarya, 2019, s. 349; Berk, 2013, s. 512; Yilbas et al., 2003, s. 471)

Tørking på industriell skala kan grupperes i to grupper, avhengig av hvilken varme- og massetransport den baserer seg på: konveksjonstørking og konduktiv tørking. Førstnevnte bruker hovedsakelig luft til å tørke ut produktet, samt fjerne vanddampen fra overflaten. Dette kalles ofte lufttørking, men vil videre bli omtalt som atmosfærisk tørking. Ved konduktiv tørking er produktet i kontakt med selve varmemediet, slik at det blir tørt på grunn av fordamping. Vakuomtørking er et eksempel på en slik metode, og vil videre bli omtalt som dette. (Berk, 2013, s. 512)

Under vakuomtørking blir tørkehastigheten kontrollert av sublimasjon. Varme blir overført til produktet ved hjelp av en oppvarmet overflate, og temperaturen til produktet vil under mesteparten av tørkeprosessen være over, eller ved, kokepunktet under gjeldende trykk. På grunn av vakuomet får man en større damptrykkgradient mellom innsiden og utsiden av produktet, som fører til økt massetransport. Vakuomtørking vil gi en høyere tørkehastighet enn lufttørking og behøve lavere tørketemperaturer. (Ah-Hen et al., 2013; Berk, 2013)

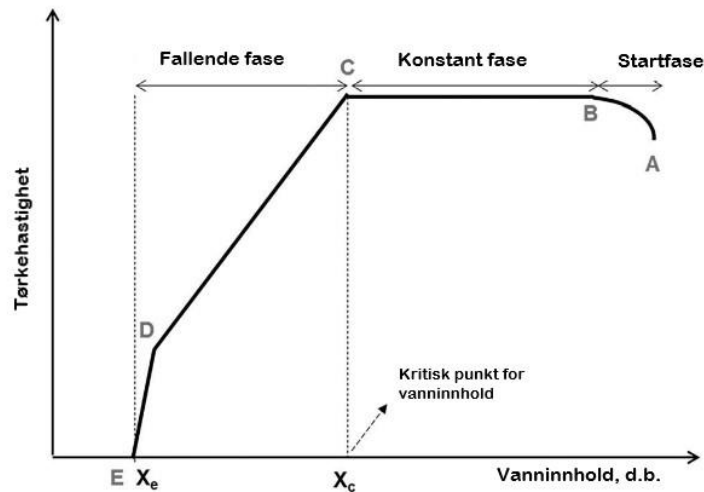
Ved tørking er hovedmålet å fordampe mest mulig vann i produktet opp til en viss grense, som defineres av produktets indre massetransport. Dersom grensen overskrides, eksempelvis ved tørking med høye temperaturer og lav relativ luftfuktighet, kan overflaten tørke ut for fort. Det fører til at produktet hardner og vann holdes igjen på innsiden. Dette kalles *case-hardening*, eller tørkeskorpe. (Heldman, 2003) Løselige stoffer i produktet vandrer mot overflaten og danner et ugjennomtrengelig lag, slik at vann holdes inne i produktet. Mat som inneholder mye løselige stoffer og sukkerarter, som tørkes ved høye temperaturer, er ofte utsatt for dette. (Sappati et al., 2017)

Hvor enkelt det er å fjerne vannet fra næringsmiddelet avhenger av hvor tilgjengelig det er. Vann i næringsmidler opptrer på tre måter: som fritt vann (beholder fysiske egenskaper), bundet vann (holdes igjen i cellevegg og protoplasma, bundet til proteiner) og krystallvann (vann bundet til saltioner). Avhengig av hva slags vann som befinner seg i produktet, vil ulike analysemetoder for måling av vanninnhold gi svar på dette. (Bradley Jr, 2010, s. 87)

#### 2.4.1 Drying rate (tørkehastighet)

*Drying rate* (DR) – videre omtalt som tørkehastighet – er massen av vann som fjernes fra produktet pr. tidsenhet pr. areal, eller pr. tidsenhet pr. masse. Dette er en svært viktig parameter for å kunne si noe om tørkeprosessen. I starten av tørkingen øker temperaturen i produktet og vanddamp frigjøres, samt at porer i produktet åpnes. Under den konstante fasen avsettes fritt vann i en konstant hastighet. Når kritisk punkt er oppnådd vil tørkehastigheten synke, i takt med vanninnholdet. Dette er den lengste fasen under tørkingen. Produktet kan her bli varmeskadet på grunn av økning av temperatur i produktet. Diffusjon oppnås når vann fra innsiden og mellom porer diffunderer ut til overflaten. Da vil overflaten tørke ut. Siste fase – fallende fase – kjennetegnes av at vanntransport fra kjernen til overflaten av produktet er tregere enn fordampingen av vannet fra overflaten, slik at produktet kan bli varmeskadet. (Anandharamakrishnan & Ishwarya, 2019, s. 351-352; Moreira et al., 2017, s. 7)

Figur 2 viser hvordan tørkehastighet fungerer i teorien. Punkt A til B er startfasen der temperaturen øker, punkt B er første kritiske punkt der den konstante fasen starter, og varer fram til punkt C. Her treffer fasen sitt andre kritiske punkt og den fallende fasen begynner. Da vil tørkehastigheten synke i takt med vanninnholdet. Tørkeprosessen kan anses som ferdig når produktet når vanninnhold ved likevekt (punkt E).



Figur 2: Skjematisk fremstilling av tørkehastighetskurve. (Anandharamakrishnan & Ishwarya, 2019, s. 351)

## 2.5 Næringsverdi i sukkertare

I likhet med andre planter inneholder makroalger næringsrike komponenter som lipider, proteiner, karbohydrater, mineraler og vitaminer. Innholdet av disse avhenger av sesong og hvor de vokser. De største metallionene i sukkertare er – i synkende rekkefølge – kalium (K), natrium (Na), kalsium (Ca) og magnesium (Mg), etterfulgt av strontium (Sr), jern (Fe), arsen (As), aluminium (Al), sink (Zn) og titanium (Ti). (Schiener et al., 2015)

### 2.5.1 Jod

Jod (I) er et grunnstoff som er utbredt i naturen, særlig i havet. Fra havvannet tar ulike organismer til seg jod og anrikes blant annet i brunalger. I brunalger finnes jod særlig i form av uorganisk jodid ( $I_2$ ). (Pedersen et al., 2018) Innenfor ordenen *Laminariales* er 99 % av joden vannløselig (Teas et al., 2004). Brunalger innenfor denne ordenen kan akkumulere jod 30 000 ganger større enn konsentrasjonen av jod i sjøvann (Kleppe, 2017). En antar at jod tar del i ulike oksidative og saltholdige stressresponser i brunalger (Küpper et al., 2008). I tillegg kan sporstoffet virke antimikrobielt for å hindre vekst av fremmedorganismer på algene (U. Nitschke & D. Stengel, 2016). I følge Lüning og Mortensen (2015) er tarens innhold av jod er sesongbasert, der innholdet er lavere om våren og sommeren, kontra høsten og vinteren.

### 2.5.1.1 Jod og helse

Jod er et biologisk essensielt grunnstoff som har viktige funksjoner i menneskekroppen. Det trengs kun i små mengder og kalles derfor for et sporstoff. Det er nødvendig for normal energiomsetning og vekst. Hos barn og unge spiller dette sporstoffet en viktig rolle for normal utvikling av sentralnervesystemet. På bakgrunn av dette er det særlig viktig at en får i seg nok jod gjennom graviditeten og under amming. Funksjonen til jod skjer gjennom hormonene tyroksin (T<sub>4</sub>) og trijodtyronin (T<sub>3</sub>), og disse syntetiseres i skjoldbruskkjertelen. (NIFES, 2014)

Både for lavt eller for høyt inntak av jod kan være negativt for helsen. For lite jod i kostholdet er et problem i flere utviklingsland, samtidig viser nylige kostholdsundersøkelser at enkelte grupper i Norge også kan være utsatt for jodmangel. Dette gjelder spesielt for gravide og ammende, hvor inntaket er lavere enn ønskelig. Anbefalt inntak av jod hos barn fra 10-årsalder og voksne er 150 µg/dag. For barn under 10 år ligger anbefalingene på 50-120 µg/dag, samt noe høyere for gravide (175 µg/dag) og ammende (200 µg/dag). Ifølge anbefalingene bør en ikke få i seg mer enn 600 µg/dag. (NIFES, 2014) Samtidig er det ikke blitt bevist at inntak over 10 000-200 000 µg/dag vil gi store kliniske skader på kroppen (Roleda et al., 2018). Sett i sammenheng med at sukkertare inneholder store mengder jod vil det være nyttig å se på anbefalt daglig inntak.

Per dags dato er det ikke blitt fastsatt europeiske grenseverdier av jod i brunalger. Franske myndigheter har derimot har gått ut med anbefalinger på maksimum 2000 mg jod pr. kg d.b. i makroalger. (Aceto, 2016). På bakgrunn av disse anbefalingene vil det i denne oppgaven bli sett på om den tørkede sukkertaren er trygg for konsum, og hva de ulike forbehandlingene vil utgjøre for innholdet av jod. For å illustrere hvor mye jod tare kan inneholde, kan eksempelvis et knivsodd tørket tare være nok til å dekke dagsbehovet. Nasjonalt råd for ernæring anbefaler derfor å bruke tørkede tang- og taretilskudd med forsiktighet der innholdet av jod ikke er oppgitt, eller der innholdet er svært høyt. (Ernæringsrådet, 2016)

### 2.5.2 Salt, natrium og kalium i tare

Havet er blitt benyttet som en kilde til salt (NaCl) gjennom tidene, og det bringer med seg flere mineraler og sporstoffer. Flere studier viser at tare har et gunstig forhold mellom natrium (Na) og kalium (K), som kan gjøre tare til en velegnet salterstatter. Det er dokumentert at nordmenns

saltnivå er for høyt i forhold til anbefalingene som er gitt (maks 5 g/dag), gjennomsnittlig saltinntak ligger på 10 g/dag. Det er natrium i salt som har størst konsekvens for helsen, hvor et for høyt inntak kan føre til økt risiko for høyt blodtrykk og hjerte- og karsykdommer. Et høyt inntak av natrium fører til et økt Na:K-forhold, hvor en ideelt sett bør ha et forholdstall mellom 0,3-1. Norske myndigheter har satt seg mål om å redusere saltinntaket med 30 % innen 2025. Bruk av tare i mat kan derfor være et viktig bidrag til å redusere befolkningens inntak av natrium i kostholdet. Det vil også være viktig å påpeke at for enkelte befolkningsgrupper som har redusert nyrefunksjon og lider av hyperkalemi vil bruk av salterstattere som tare ikke være gunstig, grunnet et forhøyet nivå av kalium. (Helsedirektoratet, 2019; Magnusson et al., 2016)

## 2.6 Økonomi og miljø

På en global skala ble det i 2016 høstet omtrent 31 millioner tonn alger for direkte konsum og/eller videre prosessering. Asiatiske land står for 99 % av produksjonen. (FAO, 2018) I 2010 ble det høstet 200 000 tonn tang og tare i Norge, og volum- og verdianslagene innen dyrking av makroalger for 2030 og 2050 er henholdsvis 4- og 20 millioner tonn. Det anslås en verdi på respektivt 8- og 20 milliarder NOK. (Olafsen et al., 2012)

van den Burg et al. (2016) sine økonomiske prognoser tilsier at omsetning av makroalger må økes med omtrent 300 % for at det skal bli lønnsomt. For å øke den økonomiske gjennomførbarheten kan det gjøres ulike tiltak. En kan blant annet redusere produksjonskostnadene ved å utvikle innovativ teknologi, samt designe systemer som kan høste alger flere ganger i året. Et økt fokus på markedsføring for makroalger som mat, og metoder for å bioraffinere råstoffet, kan også bidra til å øke verdien til det produserte råstoffet.

## 3 Materialer og metoder

### 3.1 Råmateriale

I dette forsøket ble det benyttet sukkertare dyrket på Trøndelagskysten, nærmere bestemt Frøya (N63° 42.279' E8° 52.232'). Der blir den dyrket i havanlegg i løpet av ett år, av Seaweed Energy Solutions AS (SES). Sukkertaren som ble benyttet i forsøkene ble høstet om våren i mai 2017 og



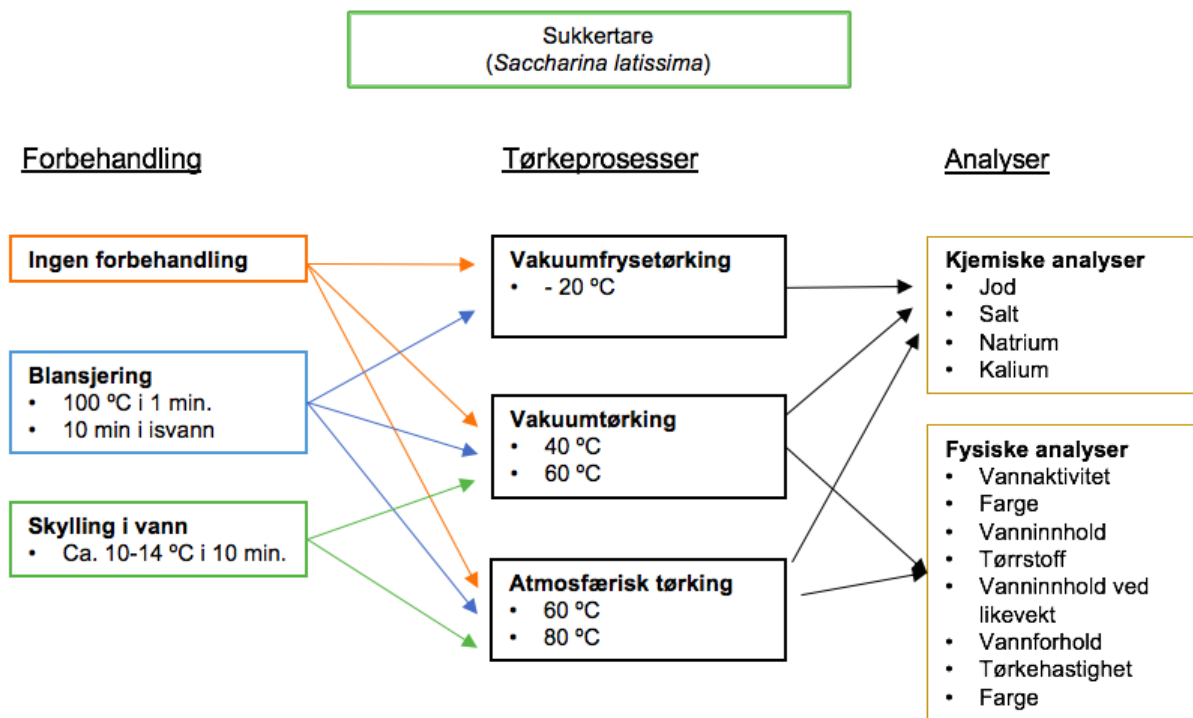
april 2018 for best mulig kvalitet, og pakket henholdsvis den 2. mai og 27. april. Etter høsting ble taren oppbevart i nedkjølt sjøvann ved -1 °C i en uke, før den deretter ble nedfryst til -18 °C i kjernen. Taren ble levert i kasse på 20 kg i frossen tilstand, og oppbevart videre på fryserom ved -20 °C. Kjemisk sammensetning av sukkertaren gis i vedlegg 1.

## 3.2 Utstyr

Tabell 1: Oversikt over utstyr og kjemikalier brukt i forsøket

<b>Bruksområde</b>	<b>Utstyr</b>
Saltanalyse	Saltmåler – (PAL-SALT 03S, ATAGO, Japan)
Tørking	Klimakammer – KMF 240, Binder, Tyskland Vakuamtørkeskap – Martin Christ Alpha 2-4 LSCplus, Christ, Tyskland
Blansjering	Stor kokekjele
Fargemåling	ColorFlex EZ Spektrofotometer (HunterLab, USA)
Vannaktivitet	AquaLab 4TE Dew Point
Jodanalyse	ICP-MS – iCAP Q med kollisjonscelle og autosampler (Thermo Scientific) Sentrifuge – IEC Centra GP8 Whirlmixer (VWR) 15 ml sentrifugerør (VWR) Varmeskap – Termaks, Norge ICP-MS – Finnigan ELEMENT-2 (Thermo Scientific) Automatisk pipette - SC2 DX auto sampler prepFAST automatisk fortynningssystem – (Elemental Scientific).
Homogenisering	Mølle (Planetary Mono Mill, Pulverisette 6, Fritsch, Tyskland)
Tørrstoff	Ovn – DRY Line (VWR)
<b>Bruksområde</b>	<b>Kjemikalier</b>
Jodanalyse	TMAH 25% (Tetramethylammonium hydroxide)

### 3.3 Eksperimentbeskrivelse



Figur 3: Flytskjema for forsøket

Sukkertaren ble delt inn i tre grupper med forbehandling: én til blansjering, én til skylling i vann og én uten forbehandling. Frossen sukkertare ble tint i kasse med dreneringshull, dekket med plastfilm ved romtemperatur i omtrent 18 timer. Vekten av frossen tilstand og opptint tilstand ble notert ned, dette for å kunne se hvor mye vann som ble frigitt i tineprosessen. Sukkertaren ble ikke kuttet opp før forbehandlingsprosessene. Blansjering foregikk i vann ved 100 °C i ett minutt og deretter nedkjølt i isvann i 10 minutter. Skylling ble foretatt i kaldt springvann ved 10-14 °C i 10 minutter. Etter eventuell forbehandling ble sukkertaren kuttet opp i strimler med en bredde på  $1 \pm 0,5$  cm.

For tørkeprosess ble det anvendt vakuumtørring og atmosfærisk tørring. Følgende parametere ble benyttet for vakuumtørring:

- Temperatur: -20 °C, 40 °C og 60 °C
- Trykk: 0,3 mbar

- Areal og tykkelse av sukkertare på brett:  $23 \times 28 \pm 2$  cm og  $0,5 \pm 2$  cm

Atmosfærisk tørking:

- Temperatur:  $60$  °C og  $80$  °C
- Relativ luftfuktighet: 10 %
- Lufthastighet: 1 m/s
- Areal og tykkelse av sukkertare på brett:  $21 \times 38 \pm 2$  cm og  $0,5 \pm 2$  cm

Vakuumfrysetørking:

- Temperatur:  $-20$  °C
- Trykk: 0,3 mbar
- Areal og tykkelse av sukkertare på brett:  $23 \times 28 \pm 2$  cm og  $0,5 \pm 2$  cm

Tørkeprosessen ble avsluttet etter fem timer. Etter endt tørking ble hver prøvebatch homogenisert ved hjelp av mølle (Planetary Mono Mill, Pulverisette 6, Fritsch, Tyskland). Denne møllen benytter seg av metallkuler for pulverisering av prøvematerialet. Hvert brett med ferdig tørket tare ble knust sammen i beholderen og fem metallkuler ble tilsatt. Deretter ble hver prøve møllet på 500 rpm i 4 minutter. Det ble etterstrebet så små partikler som mulig, men ulikt vanninnhold gjorde pulverisering av taren noe varierende. Etterpå ble hver møllet prøve lagt i poser og oppbevart i fryser ved  $-86$  °C. Pulveret ble videre brukt til kjemiske og fysiske analyser.



*Figur 4: Viser tørket ubehandlet tare før og etter mølling. Foto: eget*

### 3.3.1 Blansjering

For å forberede seg til blansjering av sukkertare ble det kokt opp vann. Mengde vann ble regnet ut fra vekten til sukkertaren, da forholdet mellom vann og sukkertare skulle være 1:10 med en temperatur på ca. 100 °C. Det ble også forberedt isvann i samme forhold som kokende vann, der en tok i betraktning at vekten på både isbitene og vannet samsvarte til det riktige forholdet. Da dette var klargjort, ble sukkertaren lagt i det kokende vannet i ett minutt. Videre ble sukkertaren tatt opp av det kokende vannet, og direkte overført til isvannet i ca. 10 minutter. Temperaturen på isvannet ble også notert ned. Etterpå ble sukkertaren lagt i en sil over en kjele for å la vannet renne av.



*Figur 5: Viser sukkertare under blansjeringsprosess i kjele. Foto: eget.*

### 3.3.2 Skylling i vann

Den andre forbehandlingen som ble benyttet var å skylle sukkertaren i vann. Forholdet mellom sukkertare og vann var 1:10, likt som blansjeringen. Temperaturen på vannet varierte mellom 10-14 °C. Nøyaktig temperatur ble notert ned til hvert forsøk med denne type forbehandling. Sukkertaren lå i vannet i ca. 10 minutter, og deretter lagt i en sil over en kjele for å la det overflødig vannet renne av.



*Figur 6: Viser sukkertare under skylleprosessen. Foto: eget.*

### 3.4 Tørkeprosess

Tørking av sukkertare i vakuum ble gjennomført i et vakuomtørkeskap (Alpha 2-4 LSCplus, Christ, Tyskland), som har kapasitet på fem brett (se figur 7). Det ble i hovedsak brukt tre brett til tørking, for å gi tre paralleller under like tørkeforhold. Noen forsøk ble kun gjennomført med to paralleller. Resultater gis som en gjennomsnittlig verdi av disse parallellene, for å unngå mest mulig tilfeldigheter ved forsøkene. Atmosfærisk tørking ble gjennomført i et klimakammer (KMF 240, Binder, Tyskland). I dette var det plass til fire brett samtidig, to øverst og to nederst (se figur 8). Det ble brukt enten tre eller fire paralleller.



Figur 7: Vakuumtørkeskap. Foto: eget.



Figur 8: Klimakammer. Foto: eget.

Etter forbehandling ble sukkertaren kuttet opp og separert fra stilker og andre fremmedlegemer, og nøyaktig vekt ble notert. Vekten som ble benyttet var noe varierende, men hovedsakelig ble det veid opp ca. 200 g på hvert brett. Da vekten var notert ned ble sukkertaren fordelt utover brettet, der høyden ble målt opp. Det var ønskelig å ha ca. 0,5 cm høyde jevnt over brettet. Da det ble gjennomført tørking av sukkertare som ikke skulle forbehandles på noen vis, ble sukkertaren kuttet opp direkte fra opptint tilstand.

### 3.4.1 Vakuumtørking

Før tørkeprosessen startet ble det kjørt et oppvarmingsprogram på vakuumtørkeskapet som gjorde den klar for det forhåndsinnstilte tørkeprogrammet. Det ble valgt å tørke ved to ulike temperaturer, årsaken til at trykket ble holdt konstant var fordi det var mest hensiktsmessig å endre én parameter om gangen. Slik kan en enklere konkludere med hva som er årsaken til en eventuell forandring mellom de ulike tørkemethodene.

### 3.4.2 Atmosfærisk tørking

For atmosfærisk tørking ble det også valgt å tørke ved to ulike temperaturer, men holde de andre parameterne (RH og lufthastighet) konstante, av lik årsak som nevnt i kapittel 3.4.1. Brettene som ble brukt ved atmosfærisk tørking var perforerte, for optimal luftgjennomstrømning. De ble plassert på hyllene i klimakammeret, der brett 1 og brett 2 ble plassert øverst henholdsvis fra venstre mot høyre, og brett 3 og brett 4 nederst i samme rekkefølge (se figur 8).

### 3.4.3 Vakuumfrysetørking

Det tok betraktelig lengere tid å senke temperaturen til  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , samt å oppnå riktig trykk (0,3 mbar), enn for vanlig vakuumtørking. For vakuumfrysetørking ble det kun tørket blansjert og ubehandlet sukkertare. Etter forbehandling ble prøvene på brett, med stativ, plassert i fryser ved  $-56\text{ }^{\circ}\text{C}$  i 24 timer. Det forsikret at prøvene var tilstrekkelig frosset da tørkingen skulle igangsettes (se figur 9). Prøvene stod i vakuumtørkeskapet i omtrent 72 timer. Deretter ble prøvene analysert for fargekarakteristikk og vannaktivitet, og fryst ned for videre analyser av salt, jod, natrium og kalium.



Figur 9: Nedfrosset sukkertare ved tørkestart (VFT). Foto: eget.

## 3.5 Kjemiske Analyser

### 3.5.1 Jod

Jod ble kun analysert for ferdigmølllet tørket sukkertare. Som referansemateriale ble det benyttet Kjemisk institutt ved NTNU sitt eget referansemateriale, samt SES sine egne analysesvar (se vedlegg 1).

Før analysering av jod ble det homogeniserte prøvematerialet dekomponert med TMAH 25 % (Tetramethylammonium hydroxide). Dette er en ekstraksjonsprosess som egner seg godt for å analysere jod. Omtrent 0,25 g av hver prøve med homogenisert sukkertare ble veid opp i et prøverør med ventilert lokk. Deretter ble 4 ml avionisert vann (Milli-Q®) og 1 ml TMAH tilsatt. Det ble klargjort 3 paralleller av hver prøve, som til sammen ble 42 prøver totalt. I tillegg ble det brukt 3 paralleller av referanseprøve av sukkertare (brukt av SINTEF, NTNU og NMBU), samt 3 blankprøver (kun TMAH og avionisert vann). Etersom de fleste prøvene svellet mye ble mengden TMAH og avionisert vann doblet.

Prøvene ble blandet slik at alt prøvemateriale ble bløtgjort. Dette ble gjort ved hjelp av vortexmikser (VWR) og manuell risting. Prøvene ble deretter varmebehandlet ved 70 °C over natten (ca. 18 timer) i forvarmet varmeskap (Termaks). Videre ble prøvene sentrifugert (IEC Centra GP8) for å fjerne større partikler ved 3600 rpm i 17 minutter. Etterpå ble hver prøve fortynnet 20 ganger i 15 ml sentrifugerør (VWR). Dette ble gjort ved å ta ut en delmengde på 0,5-0,68 g (uten partikler), og tilsette avionisert vann opp til et sluttvolum på 16,3-17 g. Prøver ble lagret i metallfrie plastrør i 8 dager før analyse med ICP-MS (induktivt koplet plasma massespektrometer).

Selve analysen av jod ble utført med ICP-MS ved bruk av en Finnigan ELEMENT-2 (Thermo Scientific) kombinert med en automatisk pipette (SC2 DX auto sampler) og et prepFAST automatisk fortynningssystem (Elemental Scientific). Kvantifiseringsgrensen (LOQ) for jod var 0,1 µg/g og deteksjonsgrensen (LOD) var 0,005 µg/g. Blanke ekstrakter ble analysert og trukket fra resultatene dersom de var innenfor deteksjonsgrensen. Innhold av jod ble gitt som mg/kg d.b.



### 3.5.2 Salt

Innhold av salt (NaCl) ble målt ved hjelp av en digital saltmåler (PAL-SALT 03S, ATAGO, Japan). Instrumentet baserer seg på at salt er en elektrolytt som kan lede strøm, og måler den elektriske konduktiviteten. Som referanse ble det benyttet SES sine analysesvar (vedlegg 1).

Saltanalyser ble gjennomført av sukkertaren i tint tilstand, etter eventuell forbehandling og etter endt tørking. Ved analyse før tørking ble taren finhakket og deretter veid opp. Basert på massen av taren ble det tilsatt kokende vann i prøven for å fortynne den. Det ble etterstrebet en fortynningsfaktor på 10. Videre ble prøven blandet og stod i omtrent et kvarter før det ble pipettert ut et par dråper (3 ml) av det øverste sjiktet av løsningen på saltmåleren. Dette ble gjort for å unngå større partikler i målingene som kan forstyrre resultatet. Den gitte verdien multipliseres med beregnet fortynningsfaktor, for å få frem opprinnelig saltverdi i taren (oppgis i %). Etter tørking ble salt analysert av ferdigmøllet tare – dette for å få et best mulig gjennomsnitt av prøven.

Temperatur av løsningen ved måling lå på omtrent 25 °C. For ferdigmøllet tørket sukkertare ble løsningen fortynnet med større mengder kokende vann da løsningen ellers ville svellet mye. Det ble benyttet vanlig kaffefilter for å filtrere vekk de større partiklene, som kunne forekomme i prøver der løsningen ikke skilte seg tilstrekkelig. Videre ble den filtrerte væsken analysert.



Figur 10: Fra venstre: løsning av tørket tare og vann til filtrering vha. kaffefilter. Midten: Viser finhakket tare med klar vannfase og tørket tareløsning som er svellet. Til høyre: Viser analyseinstrument for saltmåling. Foto: eget.

### 3.5.3 Natrium og kalium

Innhold av natrium og kalium ble målt med samme metode som beskrevet under 3.5.1. Jod.

## 3.6 Fysiske analyser

For å kunne analysere tørkekinetikken ble vekten notert underveis. Først ble brettene veid opp uten sukkertare, og deretter veid på nytt med sukkertare. Da tørkeprosessen startet, ble vekten veid hvert kvarter de første to timene, deretter hver halvtime frem til avslutning etter fem timer. Tørkehastigheten er raskest de to første timene, det er årsaken til at prøvene ble veid så hyppig. Prøvene ble brukt videre til fysiske og kjemiske analyser. Et unntak fra dette er vakuumfrysetørkingen, der det ble besluttet å ikke analysere kinetikk.

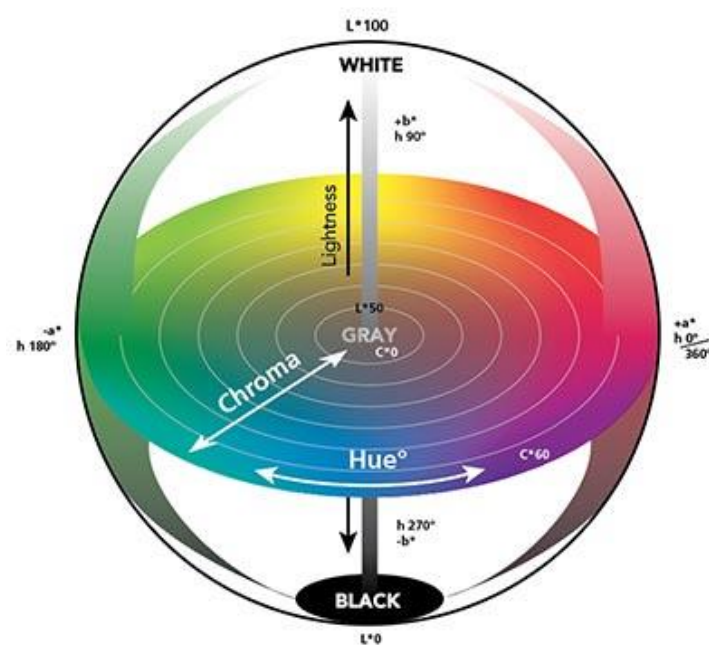
### 3.6.1 Bestemmelse av vannaktivitet

Vannaktiviteten i sukkertaren ble analysert ved hjelp av en vannaktivitetsmåler (AQUALAB 4TE, METER Group, USA). Dette ble gjort i frossen tilstand, tint tilstand, etter eventuell forbehandling, og etter ferdigmølllet tørket produkt. Mikroorganismer er avhengig av vann som ikke er bundet til aktive grupper på proteiner, rundt saltioner eller frosset til iskrystaller. Tilgjengeligheten av fritt vann måles i form av vannaktivitet, gjerne betegnet med  $a_w$ . Dermed er vannaktivitet et viktig begrep innen næringsmiddelindustrien, siden den er avgjørende for holdbarhet, mattrygghet og kvalitet. Hvert resultat ble notert med fire desimalers nøyaktighet. (Da Silva et al., 2008, s. 901-902)

### 3.6.2 Bestemmelse av fargekarakteristikk

Farge ble analysert med et spektrofotometer (ColorFlex EZ Spectrophotometer, HunterLab, USA) ved å bruke CIE L\*C\*h\*-skalaen. Instrumentet belyser produktet med rene spektralfarger. Gjennom det vil refleksjonsevnen bestemmes med fotoelektrisk måleapparat, og ut fra verdiene som blir gitt kan en regne seg frem til presis fargeangivelse på den enkelte analysen av et gitt produkt (Holtebekk, 2018).

Figur 11 illustrerer hvordan skalaen går fra svart til hvit, altså lysheten, og er uttrykt gjennom  $L^*$  (0 = svart, 100 = hvit). Kromasiteten,  $C^*$ , reflekterer fargeintensiteten fra fargeløst, som er i midten av  $L^*$ -skalaen. Det vil si at hvis verdien er  $C^* = 0$ , er objektet betraktet som fargeløst. En økning av  $C^*$  vil gi en sterkere farge, mens nedgang i  $C^*$  vil gi svakere farge. Fargetonen,  $h^*$ , er en vinkelgrad ut fra rød ( $h^*=0^\circ$ ). Fargetonen viser én farge eller en kombinasjon av to farger som oppfattes visuelt, og måles fra  $0^\circ$  til  $360^\circ$ . Hvis fargen eksempelvis oppfattes som gul er verdien  $h^*=90^\circ$ , og hvis fargen er grønnblå vil verdien vise  $h^*=180^\circ$ . (Minolta, u.å.; Tolstorebrov et al., u.å., s. 9)



Figur 11: Viser fargeskala for CIE  $L^*C^*h^*$  og  $L^*a^*b^*$  (Mouw, u.å.)

Fargen til sukkertaren ble analysert i frossen tilstand, tint tilstand, etter eventuell forbehandling, og etter ferdig tørket og møllet produkt. Spektrofotometeret ble kalibrert hver dag, med hvit og svart standardplate. Det ble tatt tre paralleller for hver analyse. For å få en mest nøyaktig og riktig analyse, var det viktig å dekke hele arealet i bunnen av prøveglasset. Dette for å unngå at lyset som måler fargen ikke skulle trenge gjennom prøven, og gi feil resultat.

### 3.6.3 Bestemmelse av moisture content (vanninnhold)

*Moisture content* viser den generelle mengden vann i et produkt, og vil derfor bli referert til som vanninnhold. Uttrykkes enten på *wet basis* (w.b.) eller *dry basis* (d.b.) (tørt eller vått materiale). Vanninnhold på w.b. viser forholdet mellom den totale mengden vann i et produkt og den totale mengden av produkt, og beregnes med følgende formel (1):

$$M_{w.b.} = \frac{w(t)-d}{w} \quad (1)$$

Vanninnhold på d.b. viser forholdet mellom den totale vannmengden og vekten av tørrstoff i produktet, og beregnes med følgende formel (2):

$$M_{d.b.} = \frac{w(t)-d}{d} \quad (2)$$

Der  $w$  er masse til vått materiale,  $d$  er masse til tørt materiale (tørrstoff),  $w(t)$  er masse til vått materiale på et gitt tidspunkt.

Vanninnhold d.b. vil alltid være høyere enn vanninnhold w.b., og kan overstige 100 % siden vekten av vannet kan være høyere enn tørrstoffets vekt. Det uttrykkes da som massen av vann pr. enhet masse tørt produkt, med desimaler. Vanninnholdet uttrykkes best ved d.b. på grunn av at tørrstoffets mengde ikke endrer seg. Ulempen med å bruke vanninnhold w.b. er at vann fjernes fra produktet underveis, og dermed vil den totale massen som fungerer som referanse kontinuerlig endre seg. (Anandharamakrishnan & Ishwarya, 2019, s. 346-347)

Før selve tørkeprosessen starter, er nødvendig å vite *equilibrium moisture content* (videre omtalt som vanninnhold ved likevekt), slik at en vet når produktet ikke lenger kan tørkes mer.

Vanninnholdet ved likevekt viser vanninnhold når prøven er underlagt en bestemt temperatur og luftfuktighet, ved en bestemt tid. Produktet vil ved dette punktet hverken miste eller ta til seg fuktighet ved optimale forhold. Dette er en faktor som kan bestemme tørkehastigheten til produktet. (Jin Park et al., 2002; Thompson et al., 1968).

Vanninnhold ved likevekt for de ulike tørkeprosessene ble bestemt ved å tørke  $1 \pm 0,050$  g sukkertare i aluminiumsform (Mettler Toledo 13865 Aluminum Sample Pan), under tilsvarende forhold i 24-72 timer, og videre 2 timer på  $105 \text{ }^\circ\text{C}$  i konveksjonsovn (DryLine, VWR, Norge).

Mengde tørrstoff ble funnet ved å veie opp tre paralleller med omtrent  $2 \pm 0,050$  g sukkertare med tre desimalers nøyaktighet, i aluminiumsform for hver prøve. Dette ble gjort med sukkertaren i

tint tilstand, etter eventuell forbehandling og etter endt tørking. Den ferdig tørkede sukkertaren ble pulverisert i mølle før videre analyse. Prøvene lå i konveksjonsovn ved 105 °C i 24 timer til vekten stagnerte. Videre ble differansen i vekt utregnet.

#### 3.6.4 Bestemmelse av moisture ratio (vannforhold)

*Moisture ratio* – videre omtalt som vannforhold, eller forkortelsen MR – viser hvor mye vann det er igjen i produktet i forhold til det opprinnelige vanninnholdet, til en gitt tid. Verdien starter på 1 og slutter ved 0, og synker i takt med tørkeprosessen. (Seremet et al., 2016) Siden dette er et dimensjonsløst tall kan det brukes til å sammenlikne ulike produkters tørkeprosesser.

Vannforholdet til de ulike prøvene ble med følgende formel (3):

$$MR = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} \quad (3)$$

Der  $M_e$  er vanninnhold ved likevekt,  $M_0$  er opprinnelig vanninnhold (d.b.) og  $M$  er gitt vanninnhold (d.b.) ved et gitt tidspunkt. (Fudholi et al., 2014) Vannforholdet relaterer prøvens vanninnhold med det opprinnelige vanninnholdet, samt vanninnhold ved likevekt (Lemus et al., 2008).

#### 3.6.5 Bestemmelse av tørkehastighet

Tørkehastigheten ble beregnet med følgende formel (4):

$$DR = \frac{\Delta M}{\Delta t * A} \quad (4)$$

Hvor  $\Delta M$  er vektdifferanse mellom to målinger,  $\Delta t$  er tørketid mellom to målinger og  $A$  er areal til produkt. Beregner dermed vekttapet i produktet, for et gitt tidsintervall mellom to målinger.

## 4 Resultater og diskusjon

### 4.1 Tørkeprosess

Tykkelsen som ble etterstrebet til å være 0,5 cm varierte noe siden det ikke var lett å fordele taren jevnt. Arealet til sukkertaren på brettene til både atmosfærisk tørking og vakuumbtørking ble målt med tommestokk, men også her var det noe variasjon. Ettersom sukkertaren ble fordelt utover ett og ett Brett, var det mulig at vann fordampet før de ble satt inn i klimakammeret eller vakuumbtørkeskapet.

Som tidligere nevnt ble brettene veid hvert kvarter de første to timene ved både vakuumbtørking og atmosfærisk tørking, siden tørkehastigheten er raskest i det tidsrommet. Dette kan ha hatt en innvirkning på temperaturene til sukkertaren. Siden brettene må tas ut av tørkeskapet for veiing, vil ikke temperaturen holde seg konstant. Med tanke på vakuumbtørkingen, er det heller ikke konstant trykk ved 0,3 mbar siden prøvene veies i normal atmosfære.

### 4.2 Fysiske analyser

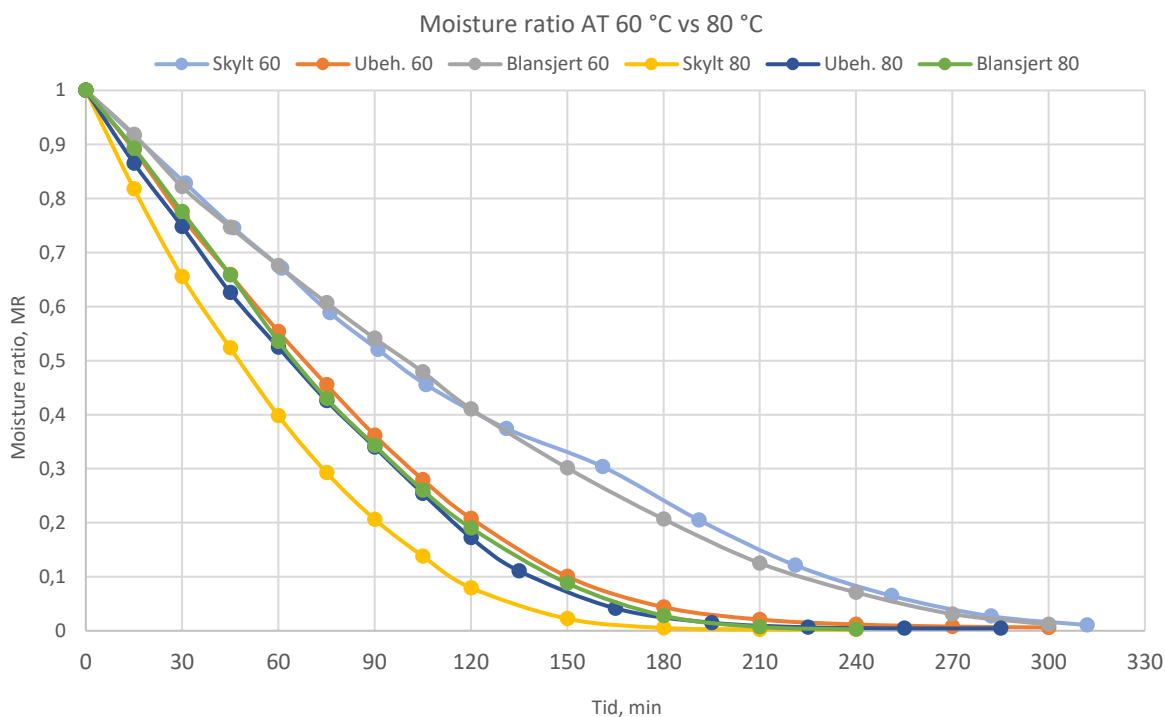
#### 4.2.1 Vannforhold

##### 4.2.1.1 *Atmosfæretørket sukkertare ved 60 °C og 80 °C*

Figur 12 viser et gjennomsnitt av MR fra de ulike forbehandlingene, samt ulike temperaturer, for atmosfærisk tørking. Figuren viser at atmosfærisk tørking ved 60 °C og 80 °C av ubehandlet sukkertare gir omtrent lik MR ved begge temperaturer. Den viser en klar eksponentiell trend i reduksjon av vanninnholdet. Ved begge temperaturer er det tilnærmet konstant reduksjon av vanninnhold, fram til omtrent 150 minutter inn i tørkeprosessen.

Blansjert sukkertare ved 80 °C viser omtrent lik reduksjon av MR som den ubehandlede sukkertaren ved både 60 °C og 80 °C. Den blansjerte sukkertaren tørket ved 60 °C derimot, viser en lavere nedgang over tid. Etter 210 minutter inn i tørkeprosessen har blansjert og skylt sukkertare ved 60 °C en MR på omtrent 0,12, mens resterende er tilnærmet vanninnhold ved likevekt.

Skylt sukkertare ved 80 °C skiller seg ut ved å ha hyppigst reduksjon av vanninnhold, og når allerede tilnærmet vanninnholdet ved likevekt etter 180 minutter. Det er til stor kontrast i forhold til den skylte sukkertaren ved 60 °C, som har den tregeste reduksjonen av alle.



Figur 12: Viser gjennomsnittlig MR for atmosfærisk tørket sukkertare ved 60 C og 80 C med ulike forbehandlinger

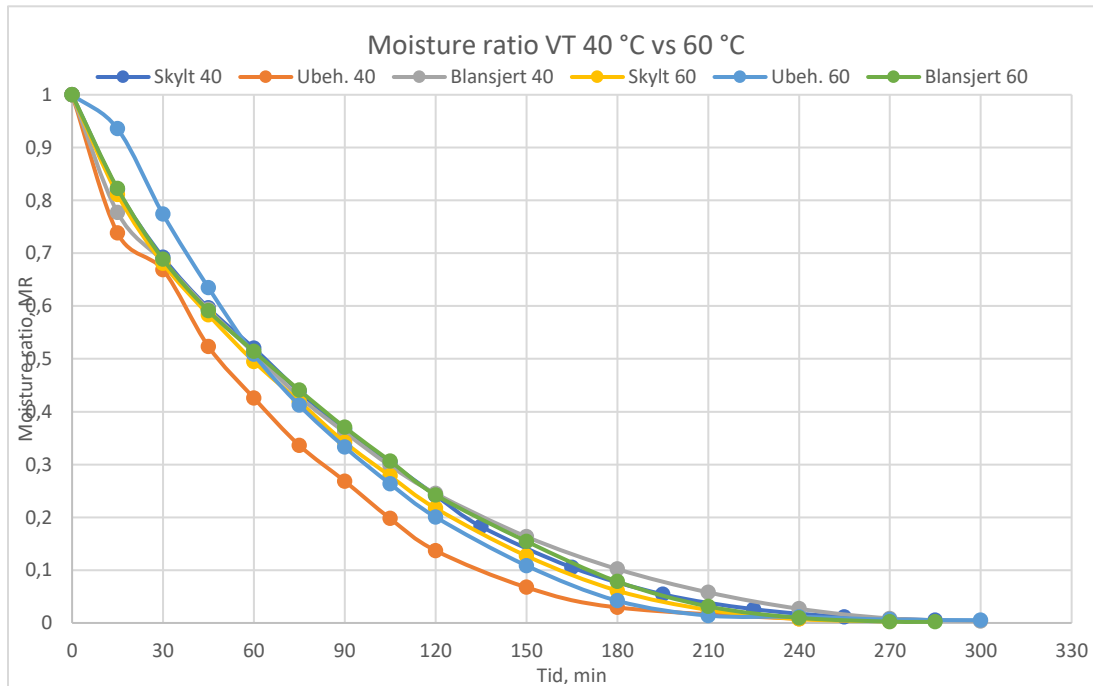
For skylt og blansjert sukkertare tørket ved 60 °C skulle en gjerne forventet en noenlunde lik reduksjon av MR sammenlignet med de andre målingene. Dersom en sammenligner disse verdiene opp mot tørkehastighet (figur 14, kap. 4.2.2) er det tydelig at disse prøvene har lavest tørkehastighet, som igjen kan forklare sakte nedgang av MR. En mulig forklaring på lav tørkehastighet hos disse prøvene kan skyldes at lagene med sukkertare var tykkere. Dette kan ha ført til tørkeskorpe og dermed forlenget reduksjonen av MR.

En mulig forklaring på at den ubehandlede sukkertaren har tilnærmet lik reduksjon av MR kan skyldes at de har et lavere vanninnhold fra start i forhold til både skylt og blansjert sukkertare. En usikkerhet i målingene kan være at brettene ble eksponert for lenge i romtemperatur og luft, hvor vann kan ha blitt fordampet. Tare har et høyt vanntap til luft, og mister derfor vann fort (Gupta et al., 2011). Ved skylting i vann og blansjering ble sukkertaren lagt i en sil for å sile av

overflødig vann før fordeling utover brett. Dette kan gi et ulikt vanninnhold som ikke er helt representativt. Ved måling av vanninnhold ved likevekt er det usikkerhet med tanke på metoden. Det er vanlig å bruke forseglede prøveformer og en mettet saltløsning for å lage atmosfære med ulik RH for å finne vanninnhold ved likevekt, samt eksikator før veiing (Moreira et al., 2017). Dette ble ikke gjort i dette forsøket.

#### 4.2.1.2 Vakuomtørket sukkertare ved 40 °C og 60 °C

Figur 13 viser et gjennomsnitt av MR fra de ulike forbehandlingene, samt ulike temperaturer, for vakuomtørking. Ubehandlet sukkertare tørket ved 40 °C viste ikke konstant reduksjon i vanninnhold den første halvtimen av tørkeprosessen. Generelt er tørkeprosessen relativt jevn, men den ubehandlede sukkertaren tørket ved 60 °C viser en tregere reduksjon de første 50 minuttene. Alle tørkemetoder når tilnærmet likt vanninnhold etter 240 minutter. Dette viser at en med fordel kan velge 40 °C kontra 60 °C for å redusere driftskostnader. Det er den ubehandlede sukkertaren som skiller seg ut ved å ikke ha jevn eksponentiell reduksjon, samtidig har den som er tørket ved 40 °C en raskere tørketid enn den som er tørket ved 60 °C.



Figur 13: Viser gjennomsnittlig MR for vakuomtørket sukkertare ved 40 C og 60 C med ulike forbehandlinger



Det kan tenkes at veieprosessen kan ha ført til fordamping av vann, samt at trykket destabiliserer seg. Dette kan ha ført til en usikkerhet i målingene. Dersom det hadde blitt foretatt flere målinger av tørkekinetikken kunne en med større sikkerhet sett om det finnes en større forskjell enn observert i dette forsøket.

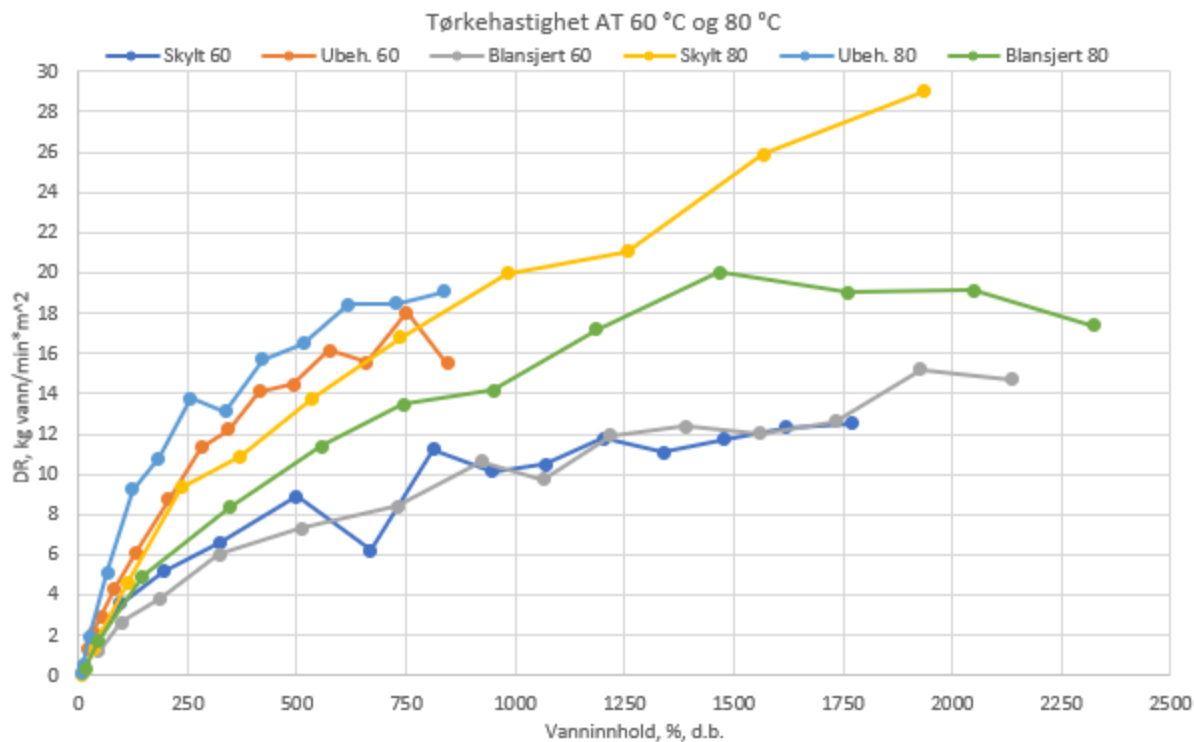
#### 4.2.2 Tørkehastighet

Figur 14 viser gjennomsnittlig tørkehastighet til atmosfærisk tørket sukkertare, ved 60 °C og 80 °C, samt alle forbehandlinger. Tørkehastigheten er høyest ved 80 °C versus 60 °C ved alle tre forsøkene under atmosfærisk tørking. Minst forskjell er det ved den ubehandlede sukkertaren, og størst forskjell finnes ved den skylte. For den vakuomtørkede sukkertaren er det imidlertid mindre forskjeller ved alle forbehandlinger og temperaturer.

Høyere lufttemperatur skal i teorien føre til høyere tørkehastighet. Høyeste tørkehastighet vil derfor kunne oppnås ved de høyeste temperaturene, som da begrenses til hva produktet tåler av varmepåkjenning, samt hva slags varmemedium en har tilgjengelig. (Dryden, 1982, s. 167)

Driftskostnadene kan imidlertid være høye, siden høy tørketemperatur er mer energikrevende.

Tørking av prosessert tare foregår generelt i en fallende fase (Sappati et al., 2019, s. 1316). Den ubehandlede sukkertaren har ingen konstant fase, og massetransport av fukt fra innsiden skjer altså kun ved diffusjon. Ved de skylte og blansjerte prøvene kan en se antydning til konstante faser. De fleste prøvene har høy tørkehastighet ved start, på grunn av overflatevann som fordamper hurtig. Liknende resultater ses hos (Goyal et al., 2006) dog ved tørking av skivet mango.

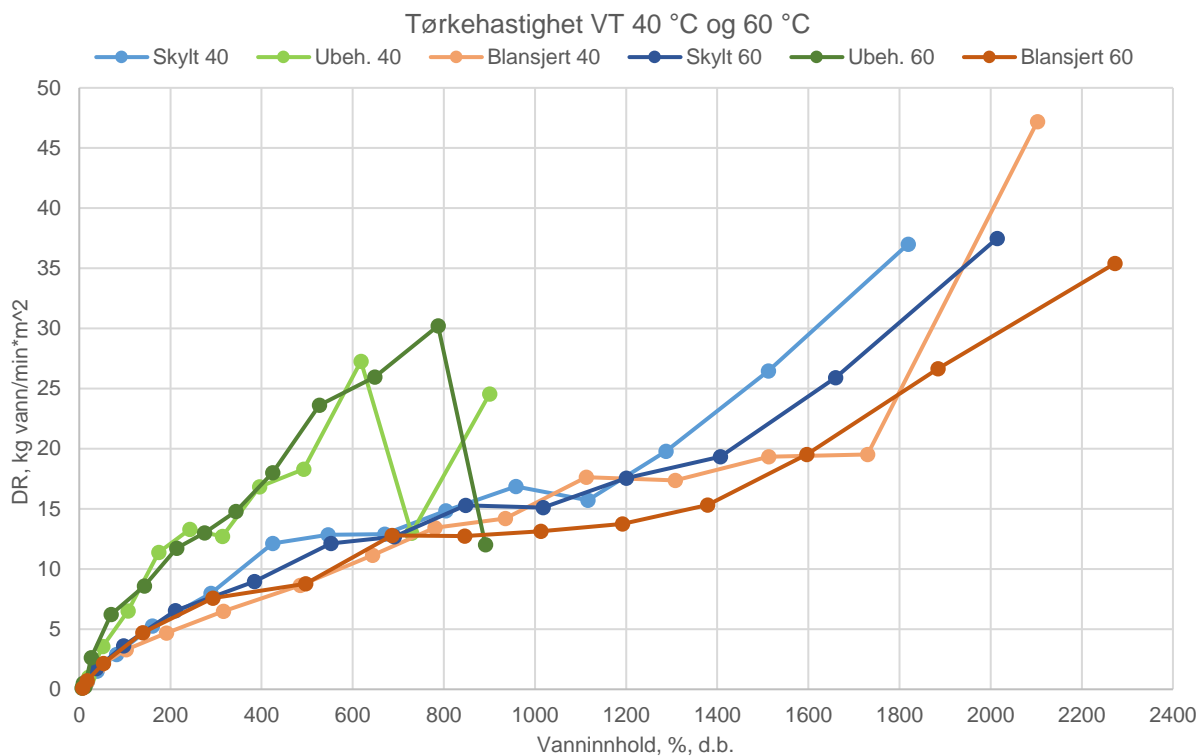


Figur 14: Gjennomsnittlig tørkehastighet ved atmosfærisk tørket sukkertare, 60 og 80 °C, alle forbehandlinger

Årsaken til de store variasjonene i målingene kan skyldes at tørkeprosessen ble svært forstyrret underveis i prosessen når en valgte å veie taren hyppig, dette gav seg utslag i store temperatursvingninger, samt forstyrringer i RH og lufthastighet. En kunne ha installert et termometer evt. en temperaturlogger for å bedre ha kontroll på alle temperaturendringene, for deretter å korrigere data av hensyn til dette. Mauer og Bradley Jr (2017) anbefaler ikke å bruke atmosfærisk tørkeovn dersom presise og nøyaktige målinger kreves. En annen kilde til usikkerhet kan være ovnsviften som var plassert øverst bak i ovnen (se figur 9). Brettene øverst i klimakammeret fikk direkte luft på seg, mens de nederste fikk mer indirekte luftstrøm.

Figur 15 viser gjennomsnittlig tørkehastighet for vakuomtørket sukkertare ved 40 °C og 60 °C, samt alle forbehandlinger. Den ubehandlede sukkertaren har omtrent lik tørkehastighet ved begge temperaturer, og viser kun tørking i fallende fase. Skylt og blansjert sukkertare både ved 40 °C og 60 °C viser rask tørkehastighet i starten. Årsak til dette kan være hurtig fordamping av overflatevann. Ved vanninnhold på omtrent 1400 % d.b. kan en se antydning til konstante faser ved disse prøvene, som varer frem til et omtrentlig vanninnhold 800 % d.b. Tørkehastigheten i

disse fasaene er tilnærmet lik for alle metodene. Blansjert vakuomtørket sukkertare ved 40 °C viser raskest tørkehastighet i startfasen.



Figur 15: Gjennomsnittlig tørkehastighet ved vakuomtørket sukkertare, 40 og 60 °C, alle forbehandling

Tørkehastigheten sammenfaller med MR vist i figur 13, ved at de viser omtrent lik reduksjon for alle tørkemethodene. Dette betyr at en kan velge en lavere tørketemperatur kontra høyere, som kan redusere driftskostnader. En usikkerhet kan være at vakuomtørkeskapet ble stanset underveis for veiing av sukkertaren, slik at trykket destabiliserte seg og temperaturen ble forstyrret.

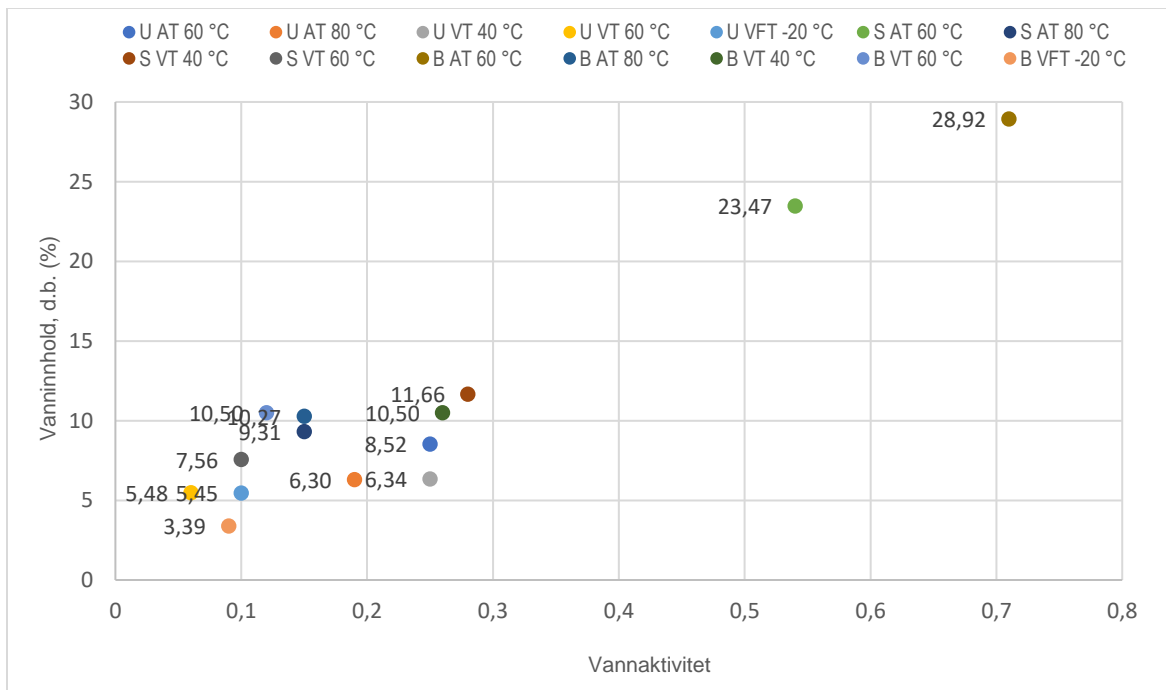
#### 4.2.3 Vannaktivitet og vanninnhold

Vedlegg 3 viser tabeller over vannaktivitet målt ved alle forbehandling og tørkemethoder, ved de ulike temperaturene. Vannaktivitet for tint sukkertare uten noen form for forbehandling, ligger mellom 0,97 og 0,98. Vakuomtørket sukkertare ved 40 °C viser generelt lav vannaktivitet etter endt tørking ved de tre forbehandlingene. Vakuomtørket sukkertare ved 60 °C viser lavere vannaktivitet etter endt tørking enn vakuomtørket sukkertare ved 40 °C. Den ubehandlede

sukkertaren viser vannaktivitet på 0,06, noe som er det laveste for ubehandlet tørket sukkertare for alle tørkemetoder og temperaturer. Samtidig viser vakuumfrysetørket tare ved -20 °C lav vannaktivitet på 0,08 for blansjert tare, og 0,09 for ubehandlet tare.

Figur 16 viser forholdet mellom vanninnhold (d.b.) og vannaktivitet for alle tørkemetoder og forbehandlingene. Av de ubehandlede sukkertarene er det den atmosfærisk tørkede ved 80 °C som har høyest vannaktivitet på 0,19. Den skylte taren viser da det laveste nivået på 0,15.

Atmosfærisk tørking ved 60 °C viser høyere vannaktivitet for ferdigtørket sukkertare enn alle de andre tørkemethodene. Blansjert og skylt sukkertare ved atmosfærisk tørking 60 °C har et relativt høyt gjennomsnittlig vanninnhold på 28,9 og 23,5 % (d.b.) ved slutt, sammen med høy vannaktivitet.



Figur 16: Viser forholdet mellom vanninnhold (d.b.) og vannaktivitet for alle tørkemetoder og forbehandlingene

Grunnen til dette kan være at forholdet mellom tid og temperatur ikke var tilstrekkelig for optimal tørking, eller at laget med sukkertare var for tykt. Ser en på den blansjerte sukkertaren tørket atmosfærisk ved 80 °C (som har et likt, om ikke høyere vanninnhold) har den nådd et vanninnhold på omtrent 10 % d.b. etter lik tørketid.

Generelt ser en at vakuumtørket sukkertare har lavere vannaktivitet enn atmosfærisk tørket sukkertare, noe som var forventet. Den tørkemethoden som ga lavest vannaktivitet var

vakuumfrysetørkingen. Dette kan skyldes fordi metoden bruker sublimasjon under vakuum til å fjerne vann, mens atmosfærisk tørking avhenger av temperaturen, samt lufthastighet og luftfuktighet inne i tørkekammeret. (Sappati et al., 2019, s. 1317).

Alt av resultatene for vannaktivitet etter endt tørking er generelt sett lavt, uavhengig av tørkeprosess og temperatur benyttet. Det gir dårlige vekstbetingelser for mikroorganismer. Eneste unntaket er de atmosfærisk tørkede ved 60 °C. Der hadde den ubehandlede sukkertaren  $a_w=0,67$  og den blansjerte var  $a_w=0,71$ . Selv om det er relativt lav vannaktivitet, er det likevel høyt nok til å gi noen få muggarter vekstvilkår (Nofima, u.å.). Det har blitt rapportert at tørket sukkertare når den begrensende vannaktiviteten for livsformer (0,6) dersom sluttproduktet har et lavere vanninnhold enn 20 % d.b. (Nofima, u.å.; Sappati et al., 2019, s. 1316). Dette stemmer overens med forsøkets resultater.

En usikkerhet i måling av vannaktivitet kan være at prøvematerialet ble tørket noe ut i prøvebeholderne. Dette ble forsøkt unngått ved å ha et lokk over prøvebeholderne før prøven ble analysert. Det ville også gi større usikkerhet om prøvebeholderen var fylt for mye opp av sukkertare, dermed ble det plassert nok sukkertare til å dekke midten av prøvebeholderen.

*Tabell 2: Vannaktivitet og vanninnhold før tørking*

<b>Tilstand</b>	<b><math>a_w</math></b>	<b>Vanninnhold, %, w.b.</b>
Frossen	$0,96 \pm 0,007$	92
Tint	$0,97 \pm 0,003$	89
Skylt	$0,99 \pm 0,001$	95
Blansjert	$0,99 \pm 0,002$	96

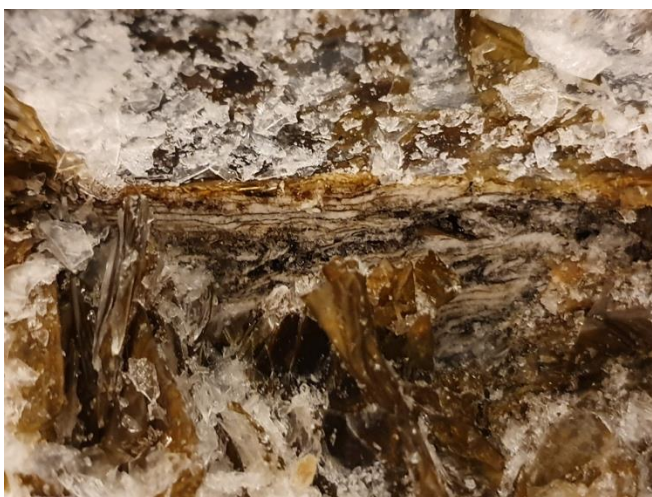
Vanninnhold for tint tare ligger på 89 % (w.b.), dette stemmer godt overens med analysesvarene til SES (se vedlegg 1).

#### 4.2.4 Fargekarakteristikk

Tabell 3 viser gjennomsnittlige fargeverdier med standardavvik for frossen, tint, skylt og blansjert sukkertare. Dette er gjeldende fargeverdier før de ulike tørkeprosessene. Mellom hver

parallellprøve ble prøveglasset rengjort, særlig da sukkertare før tørking skulle analyseres. Da ble prøveglasset tilgriset og kunne påvirke refleksjonsevnen i analysen. Det er mulig dette ikke ble rengjort tilstrekkelig ved noen målinger.

For frossen sukkertare er lysheten ( $L^*$ ) i produktet ganske mørkt, men likevel lysere enn både tint, skylt og blansjert tilstand. Noe av årsaken til det kan være at det inneholdt en del is mellom flakene av sukkertaren, som påvirker fargen til et lysere utgangspunkt (se figur 17). Fargetonen for frossen sukkertare viser et mer gult produkt enn for tint, blansjert og skylt sukkertare, da  $h^*=70^\circ$  er en kombinasjon av gul og limegrønn. Kromasiteten er  $C^*=9,18$ , noe som tilsier at den gulgrønne kombinasjonen er relativt fargeløs.



*Figur 17: Frossen sukkertare. Foto: eget.*

Den skylte sukkertaren ble vesentlig mørkere i fargen fra tint tilstand, da det var nedgang i både lysheten ( $L^*$ ) og krominans ( $C^*$ ). Det var en marginal forskjell i fargetonen. For den blansjerte sukkertaren ble fargen visuelt endret fra en mørkere brun-grønn farge til en litt lysere grønnfarge. Selv om lysheten ( $L^*$ ) er omtrent lik tint sukkertare, har fargetonen ( $h^*$ ) økt med ca.  $9,59^\circ$  som er mer grønnere. Samtidig har krominansen ( $C^*$ ) økt med ca. 32,9 % som styrker fargen. Sukkertarens farge skyldes pigmenter som i all hovedsak er klorofyll a og c, fucoxanthin og violaxanthin. Overgangen til den mer grønne fargen etter blansjering, kan være fordi en vasker bort store deler pigmenter av fucoxanthin. Klorofyll a og c derimot, holder seg mer stabil under blansjering. (Tolstorebrov et al., u.å., s. 9)

Tabell 3: Fargeverdier før tørking

Tilstand	L*	C*	h*
Frossen	18 ± 4,51	9,18 ± 1,85	72,43 ± 2,54
Tint	10,83 ± 1,95	9,4 ± 1,16	85,34 ± 3,21
Skylt	6,3 ± 1,02	7,67 ± 1,55	86,72 ± 4,78
Blansjert	10,6 ± 1,63	12,49 ± 1,39	94,92 ± 0,89

Vedlegg 6 viser all data av fargeanalysene som ble tatt gjennom forsøket av de ulike forbehandlingene og tørkemetodene. For å sammenligne resultatene av tørket sukkertare er det først og fremst stor forskjell på verdiene som blir gitt av tørket sukkertare i flak og tørket sukkertare som er pulverisert. Når tørket tare analyseres som flak, kan det være ulik tykkelse på flak og ulik dekning av arealet på prøveglasset. Dette kan gi noe feil inntrykk av fargen på sukkertaren for hele brettet, og dermed vil møllet sukkertare gi en mer helhetlig og korrekt farge, siden alt av sukkertare er blandet som pulverisert materiale.

Vakuomtørket sukkertare ved 40 °C hadde tilnærmet lik farge i møllet tilstand, for alle tre forbehandlingene av sukkertaren (se vedlegg 6). Figur 18 viser bilde av blansjert vakuomtørket sukkertare ved 40 °C. Forskjellen vises mer ved analysering av flak. Da var den blansjerte sukkertarens lyshet markant høyere ( $L^*=30,25$ ) sammenlignet med den ubehandlede taren ( $L^*=11,16$ ). For å sammenligne vakuomtørking ved 40 °C og 60 °C, ser en at tørking ved 60 °C gir generelt et lysere produkt jevnt over på alle forbehandlingene, både farge på flak og av møllet sukkertare. Kromasiteten og fargetonen derimot er forholdsvis lik ved de to temperaturforskjellene. Dette kan stride imot Gupta et al. (2011) forskning som viser at produktet blir mørkere over 50 °C etter 2 timer inn i tørkeprosessen.





*Figur 18: Blansjert vakuumtørket sukkertare ved 40 °C*

Den atmosfærisk tørkede sukkertaren ved 60 °C og 80 °C viser samme gjentakende forskjell mellom fargen på flak og pulverisert tare. Motsatt fra vakuumtørket sukkertare, er at den ubehandlede sukkertaren ved atmosfærisk tørking har høyere lyshet enn den blansjerte ved atmosfærisk. Dette kan forekomme siden salt og andre vannløselige forbindelser på overflaten av den ubehandlede sukkertaren skaper et lag på overflaten med høyreflekterende egenskaper (Tolstorebrov et al., u.å., s. 9). Krominansen er derimot lavere for den blansjerte sukkertaren enn den ubehandlede sukkertaren, ved begge temperaturer. Skytt sukkertare ved 60 °C for atmosfærisk tørking er noe mørkere som sluttprodukt enn da det ble tørket ved 80 °C. For blansjert sukkertare ble sukkertaren tørket ved 80 °C lysere enn ved 60 °C, men med en forskjell på ca. 10 °.

Vakuumfrysetørket ubehandlet sukkertare ved -20 °C resulterte i et lysere produkt enn begge vakuumtørkede sukkertare som var ubehandlet. Den hadde en lyshet på  $L^*=48,31$  °, og fargetonen var lavere med et resultat på  $h^*= 87,63$ . Fargetonen viser et mer gult sluttprodukt, da vanlig vakuumtørket sukkertare ble grønnere i fargetonen. For vakuumfrysetørket blansjert tare



ble det sammenlignet med ubehandlet et mørkere produkt, med en lyshet på  $L^*=38,43$  °. Det ble ikke tatt analyse av den vakuumfrysetørkede sukkertaren i flak, kun av møllet sukkertare.

Fra et kommersielt perspektiv kan det være vanskelig å definere hvilken farge som oppfattes som mest attraktiv, i forbindelse med tørket sukkertare. Visuelt sett var det noe forskjell mellom de ulike tørkemetodene, men minimal forskjell mellom temperaturer for den enkelte tørkemetode.

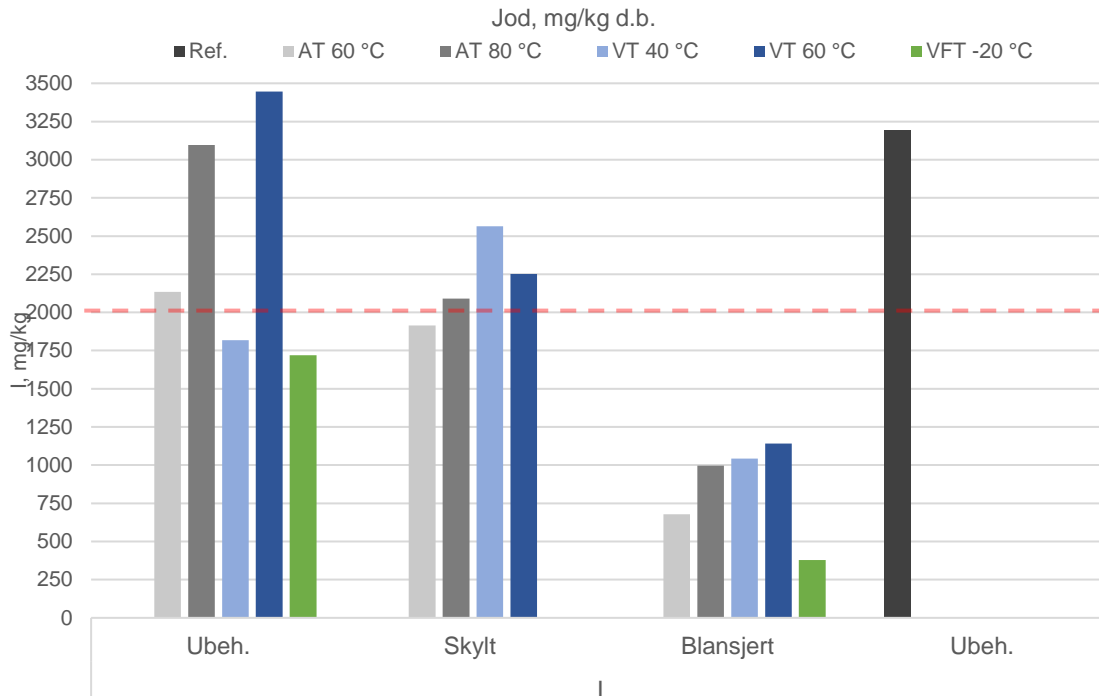
## 4.3 Kjemiske analyser

### 4.3.1 Jod

Figur 19 viser en grafisk fremstilling av innholdet av jod til sukkertaren ved alle tørke- og forbehandlingsprosesser. For mer utfyllende data, se vedlegg 7. Den røde stiplede linjen viser hvor grenseverdien til franske myndigheter (2016) ligger for makroalger. Generelt viser resultatene at de laveste verdiene ble funnet i den blansjerte sukkertaren, mens de høyeste verdiene ble funnet i sukkertare uten forbehandling.

SES oppgir et innhold av jod på 3670 mg/kg (se vedlegg 1) for sukkertaren brukt i dette forsøket. Det skiller seg fra referanseverdien brukt i analysen, som var 3190 mg/kg. Det er usikkert hvordan SES sin tare ble analysert for jod, dermed ble det besluttet å sammenligne med Kjemisk institutt (NTNU) sin referanseprøve. Denne ble også analysert ved hjelp av ICP-MS.

Blansjering av sukkertare viser en klar nedgang i innhold av jod, dette kan derfor vise seg å være en effektiv metode for å redusere innhold av jod i tørket sukkertare. Jod ble redusert med omtrent to tredjedeler etter blansjering, noe som er sammenfallende med forskningen til Lüning og Mortensen (2015). Sukkertaren ser ikke ut til å bli påvirket i stor grad av skylleprosessen. Frysetørket blansjert sukkertare ved  $-20$  °C skiller seg ut med å ha lavest innhold jod.



Figur 19: Innhold av jod i sukkertare, etter ulike tørking og forbehandling, mg/kg. Stiplet rød linje viser franske anbefalinger.

De høye verdiene av jod i ubehandlet sukkertare bekrefter flere tidligere studiers funn om at sukkertare er en av brunalgene som kan akkumulere mest jod (P. Stévant et al., 2017). Innhold av jod vil variere ut ifra voksested, samt sukkertarens vekstbetingelser. Tidspunktet sukkertaren høstes vil også påvirke innhold av jod, da innholdet er høyest om høsten og vinteren, og lavere vår og sommer.

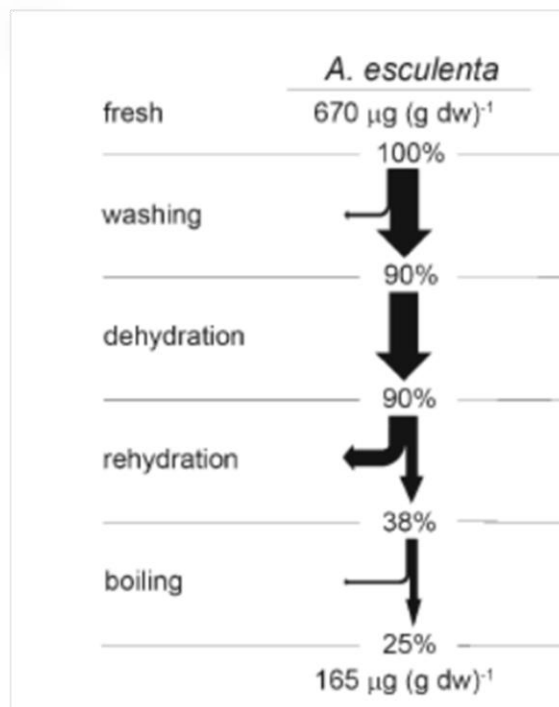
Det vil i dette forsøket være viktig å være klar over at prøvene med fordel kunne blitt analysert flere ganger for de ulike tørkemethodene. Slik kan en med større sikkerhet konkludere med at resultatene er troverdige. En kan eksempelvis ikke konkludere med at prøvene som er ubehandlet og skylt som ligger rett under de franske grenseverdiene ville gjort dette ved flere målinger. Blansjert tørket tare kan en med større sikkerhet konkludere med at det reduserer jod effektivt.

De norske anbefalingene for daglig inntak av jod ligger på 150 µg/dag, med en øvre grenseverdi på 600 µg/dag. Samtidig er det også blitt publisert maksimalt tolerabelt inntak basert på kroppsvekt på 0,017 mg/ kg kroppsvekt pr. dag. En som veier 70 kg kan eksempelvis da få i seg 1,19 mg/dag (1019 µg/dag). I dette forsøket hadde blansjert vakuutfryssetørket sukkertare ved -

20 °C det laveste innholdet av jod (379 mg/kg). Denne taren kunne en da spist 396 mg/dag for å havne innenfor anbefalt jodinntak (150 µg/dag). Ubehandlet vakuumtørket sukkertare ved 60 °C hadde høyest innhold av jod (3446 mg/kg), og en kunne da spist 43,5 mg/dag. Dette viser en reduksjon på 89 % for hvor mye tørket sukkertare en kan innta daglig.

Selv om tørket sukkertare inneholder høye verdier av jod, kan det være individuelle forskjeller fra hvordan det tas opp i kroppen. Biotilgjengeligheten for jod kan variere fra hvilken jodstatus en har. Eksempelvis viser forsøk at kun 49-82% av jod fra tare blir tilgjengelig for absorpsjon i kroppen hos mennesker etter konsum (Domínguez-González et al., 2017). Dersom en inntar større mengder jod enn anbefalt vil fysiologiske reaksjoner variere alt ettersom hvor mye jod en har fått i seg på forhånd, samt aktuell mengde. Ved for høyt inntak vil kroppen skille ut jod, og akutte forgiftninger ved for høyt inntak er sjeldent. Kliniske studier viser at kroppen kan tåle eksponeringer opp mot 1,8 mg/dag uten særlige bieffekter. (P. Stévant et al., 2017) Hvor mye jod en får i seg fra tørket sukkertare vil også variere alt ettersom hvordan en velger å bruke den som mattilsetning. Noen eksempler på dette kan være som dryss over mat, salterstatter, buljong, i sushi. Lagringsbetingelser kan også føre til en reduksjon av jod.

U. Nitschke og D. B. Stengel (2016) sine forsøk viser en illustrering av hvordan jod tapes under prosessering av butare (*Alaria esculenta*), se figur 20. Selv om dette er en annen art innen *Laminaries*, kan en tenke seg at tapet for jod innen sukkertare vil være noenlunde likt, selv om det vil være individuelle forskjeller mellom artene. Flere forsøk viser at butare inneholder lavere verdier av jod enn sukkertare. Tidligere gjennomførte eksperiment viser at vasking og tørking ikke har signifikant innvirkning på jod innholdet og maksimalt fører til 10 % tap av jod (figur 20). Derimot vil rehydrering og koking ha større effekt på den samlede mengden jod i butare. (U. Nitschke & D. B. Stengel, 2016)



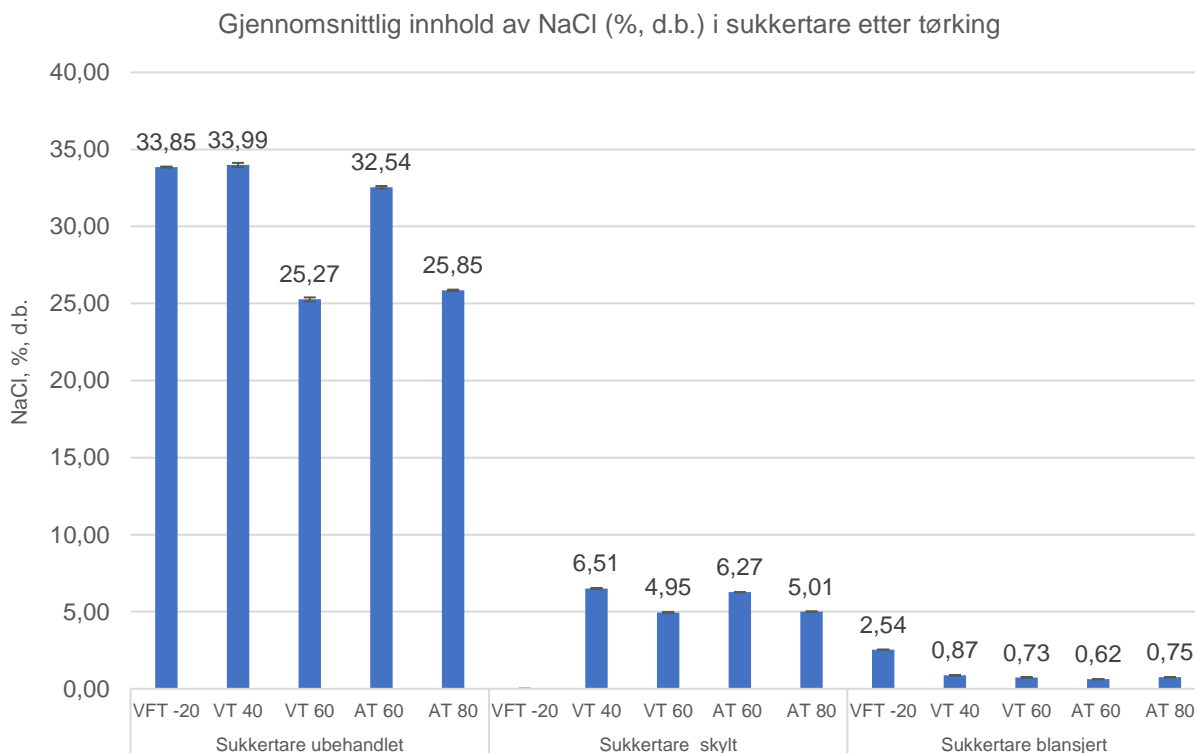
Figur 20: Viser fremstilling av relativt tap av jod i butare etter ulike behandlingsmetoder; vasking, tørking, rehydrering, og koking. (U. Nitschke & D. B. Stengel, 2016)

En feilkilde i målingene kan være kontaminering av prøvemateriale. Ved pulverisering av sukkertare ble det for hver runde grovt sett tørket vekk rester av tare før ny tare ble homogenisert. Dette kan ha påvirket målingene i noe grad. En burde vært mer nøyaktig med å vaske beholder for hver gang. En usikkerhet er også at sukkertaren som ble brukt ikke var godt nok pulverisert for enkelte av prøvene. Dette skjedde grunnet noen prøver hadde et for høyt innhold av vann. Det kunne vært fordelaktig å kjøre mølleprosessen i et lengre tidsrom for å sikre et finere pulver, eller prøvd ut andre metoder å homogenisere materialet på. Ved beregningene av totalt jodinnhold ble det ikke lagt til vanninnholdet (d.b) i den tørkede sukkertaren, som kan gi en usikkerhet i målingene.

#### 4.3.2 Salt

Figur 21 viser en samlet oversikt over gjennomsnittlig innhold av NaCl (% , d.b.) i sukkertare som er tørket ved ulike tørkeprosesser, temperaturer og forbehandlinger. Alle målingene ble

omregnet ettersom den tørkede sukkertaren ikke var helt tørr, og det var forskjellig vanninnhold på de ulike forbehandlingene. En kan tydelig se at det er stor forskjell i saltinnhold mellom de ulike forbehandlingene. Blansjert sukkertare skiller seg ut med lavest saltnivå ned til rundt 0,74 %. Skylt sukkertare hadde et saltinnhold på rundt 5 %. Ubehandlet sukkertare hadde et saltinnhold fra 25-34 %. Årsaken til dette høye saltinnholdet kan skyldes at sukkertaren som ble brukt i forsøket ble vasket med sjøvann.



Figur 21: Viser innhold av NaCl (% , d.b) i sukkertare tørket ved ulike metoder. Vertikale linjer representerer standardavviket mellom målingene.

Dersom en sammenligner innhold av salt med referanse til SES sin analyse (vedlegg 1), viser det seg at saltnivået er svært høyt sammenlignet med deres resultater. Selv om det sannsynligvis er blitt benyttet forskjellige analysemetoder for salt, er variasjonene store. Dette kan skyldes flere usikkerheter ved målingene. Saltmåleren som ble benyttet baserer seg på prinsippet om at salt leder strøm, og måler elektrisk konduktivitet. Sukkertare inneholder en rekke andre mineraler

som også kan lede strøm, og som kan forstyrre målingene. Et eksempel på dette er MSG (monosodiumglutamat) som tare kan inneholde store konsentrasjoner av. 1 g MSG pr. 100 g prøve kan eksempelvis påvirke oppgitt saltverdi med 0,16 % (ATAGO, u.å-b).

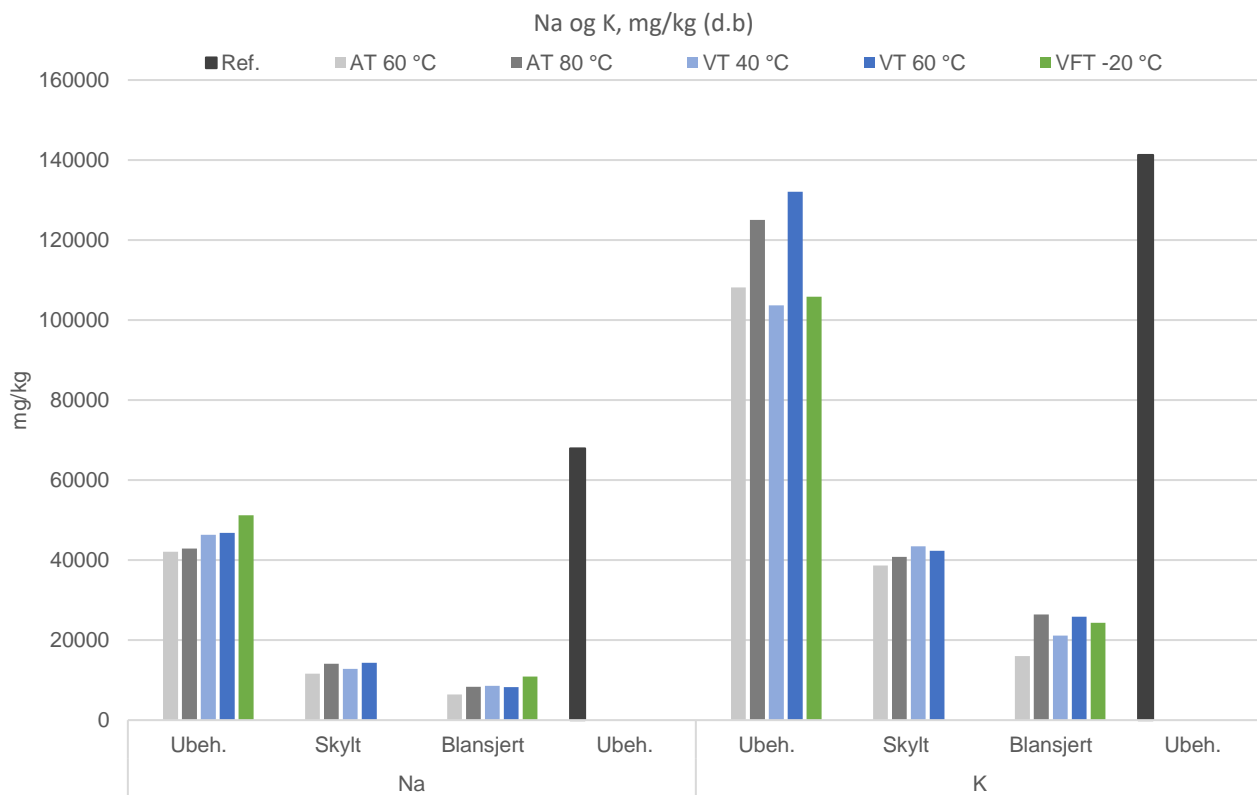
Temperaturen i prøvematerialet kan også påvirke målingene, siden lav temperatur gir lavere konduktivitet og lavere saltprosent, mens høyere temperatur gir høyere saltprosent i prøven. Det ble etterstrebet en temperatur fra 25-30 °C i den analyserte prøven. Viskositeten til prøven, samt innhold av partikler, kan også gi høyere målinger av saltprosent. (ATAGO, u.å-a, b)

Utstyret som ble benyttet ble rengjort mellom hver gang. Det kan tenkes at rester av vann i ballongen til pipetten som ble brukt for å påføre prøvemateriale til saltmåleren kan ha fortynnet løsningen noe og gitt usikkerheter. En annen feilkilde er at det ble brukt springvann som oppløsningsvæske for saltanalysen istedenfor avionisert vann. Dette kan påvirke resultatet med ca. 0,01 % (ATAGO, u.å-b).

Sett i et ernæringsmessig perspektiv anbefales det å kutte ned på salt i mat. Selv om ubehandlet tørket sukkertare inneholder store mengder salt vil en ofte vanne ut produktet før bruk. Innhold av natrium i maten er ofte det viktigste en ser på, dette er mulig å regne seg fram til dette ved hjelp av en omregningsfaktor på 2,54. Dette er en verdi beregnet med antagelsen om at alt natriuminholdet er inneholdt i NaCl. (ATAGO, u.å-c) Ved å regne om saltprosent med å dele på 2,54 fikk en eksempelvis en verdi som ikke stemte overens med natrium analysert ved hjelp av ICP-MS.

### 4.3.3 Natrium og kalium

Innhold av natrium og kalium, samt Na:K-forhold for de ulike tørkemethodene og forbehandlingene er illustrert i figur 22. For mer data om analysene, se vedlegg 7. Ut fra resultatene ser en at forbehandling som skylling med vann og blansjering gir god effekt på reduksjon av både natrium og kalium. I forhold til referanseprøven er dette forsøkets målinger noe lavere. Dette kan skyldes flere faktorer som blant annet høstingstidspunkt, tørkem metode og individspesifikke variasjoner.



Figur 22: Viser innhold av Na og K (mg/kg, d.b) for sukkertare tørket ved ulike temperaturer og forbehandlingsmetoder, samt referanseverdi og Na:K-forhold.

Dersom en ser på Na:K-forholdet (tabell 3) er det tydelig at det ligger lavt for alle målingene, og alle verdiene ligger innenfor anbefalingene på 0,3-1. Særlig skylt tare har et lavt forholdstall.

Tabell 3: Viser Na:K-forhold i alle prøvene

Tørkemetode	Na:K-forhold		
	Ubeh.	Skylt	Blansjert
AT 60 °C	0,39	0,30	0,40
AT 80 °C	0,34	0,34	0,32
VT 40 °C	0,45	0,30	0,41
VT 60 °C	0,35	0,34	0,32
VFT -20 °C	0,48	-	0,45

Disse resultatene viser at det kan være potensiale for at tørket sukkertare kan brukes som en funksjonell ingrediens i matlaging, særlig som salterstatter.

Hvis en sammenligner Na:K-forholdet med SES sine analyseresultater ser en at deres analyse gir et forholdstall på 0,6. Dette er noe høyere enn i dette forsøket, men likevel innenfor anbefalingene. Referanseprøven fra Kjemisk institutt (sort søyle, figur 22) gir et Na:K-forhold på 0,48, som ligger innenfor de andre målingene.

Et for høyt inntak av natrium kan som tidligere nevnt gi økt risiko for å utvikle hjerte-karsykdommer. Kroppen vil ha noe behov for natrium daglig (6000 mg/dag) for optimal funksjon. Ved fysisk aktivitet og diaré kan en ha behov for en større tilførsel. Dersom en tar disse anbefalingene i betraktning kan en spise 938 g tørket blansjert sukkertare pr. dag (AT 60 °C). For ubehandlet tørket tare ved -20 °C blir anbefalt mengde kun 11,7 g/dag. Dette viser at blansjering har stor innvirkning på reduksjon av natrium i tørket sukkertare. For personer som går på natriumredusert kost (maks 2000 mg Na/dag) kan bruk av blansjert sukkertare i mat være ekstra gunstig.

#### 4.4 Kostnader ved tørking av sukkertare

For å bedømme hvilke parametere som egner seg for tørking og forbehandling av sukkertare er det nyttig å se på de økonomiske aspektene ved prosesseringen. I dette forsøket vil både blansjering og tørkemetoder være energikrevende prosesser.

Vakuumfrysetørking er forbundet med høye utstys- og driftskostnader, sammen med lave tørkehastigheter. Dette bidrar til å gjøre denne teknologien mindre attraktiv enn konvensjonell varmlufttørking i kommersiell skala. På den andre siden vil kvaliteten til vakuumtørkede og vakuumfrysetørkede produkter ofte være bedre enn ved atmosfærisk tørking. Dette skyldes redusert termisk og oksidativt stress. Produksjonskostnader ved vakuumtørking er omtrent 50 % lavere enn vakuumfrysetørking, mye av årsaken til dette skyldes at prosessen går hurtigere til ferdigtørket produkt. (Grattepanche & Lacroix, 2013) På bakgrunn av dette kan det være mulig å se på mer kostnadseffektive alternative tørkemetoder (Sagar & Suresh, 2008, s. 23).

Konveksjonstørking er en av de mest benyttede tørkemetode for å tørke mat. Denne metoden krever ikke store produksjonskostnader, samtidig som den er effektiv i første del av



tørkeprosessen. Likevel er det en del ulemper ved metoden, som krymping av produktet som kan gi hard overflate på produktet. Generelt leder varmlufttørking til en forverring av smak, farge og næringsmessige forhold for næringsmidler. (Figel & Michalska, 2016)

## 5 Konklusjon

Denne bacheloroppgaven hadde som mål å se på hvordan ulike forbehandlinger og tørkemetoder ville påvirke tørkekinetik og kvalitet. Sammenlignet med ubehandlet tørket tare, påvirket begge forbehandlingsmetodene sukkertaren alle kvalitetsaspektene som ble vurdert i dette forsøket.

Samtlige tørkeresultater ga et tilstrekkelig tørt produkt med lavt vanninnhold og vannaktivitet som begrenser mikrobiell forringelse, med unntak av blansjert atmosfærisk tørket sukkertare ved 60 °C. Generelt er det sukkertaren som tørkes ved 80 °C som har høyest tørkehastighet og raskest reduksjon i vannforhold. For vakuamtørket sukkertare er det blitt vist at en med fordel kan tørke ved 40 °C kontra 60 °C, da begge metoder sikrer et like tørt produkt etter ca. 4 timer. Til industrielt bruk kan det derfor bidra til å redusere driftskostnader, samtidig som lave tørketemperaturer gir mindre tap av næringsstoffer.

Atmosfærisk tørket sukkertare fikk jevnt over en mørkere brunfarge enn vakuamtørket tare, da denne ble grønnere i fargetonen. Vakuumfrysetørket sukkertare viser større preg av gule fargetoner. Forsøket viste at blansjering før tørking reduserte innhold av salt, natrium og kalium. Til tross for høye nivåer av jod i sukkertare, ble det vist at blansjering før tørking effektivt reduserer innholdet av jod betraktelig, og alle verdier for tørkemethodene var under satt grenseverdi på 2000 mg/kg. Hvis en tar hensyn til norsk anbefalt daglig inntak av jod på 150 µg/dag, kan en bruke størst mengder av blansjert tare i mat før anbefalingene overskrides. Sett i sammenheng med at all tørket sukkertare i dette forsøket fikk et lavt Na:K-forhold, kan produktet fungere som en funksjonell mattilsetning i et variert kosthold.

Ut fra analysene for tørkekinetik og kvalitet kan det konkluderes med at blansjert, vakuamtørket sukkertare ved 40 °C vil gi et produkt med høy kvalitet med tanke på konsum. Fra et kostnadseffektivt perspektiv kan det anbefales blansjert atmosfærisk tørket sukkertare ved 60 °C.

## 5.1 Anbefaling til videre forskning

I denne oppgaven er det kun sett på et utvalg av noen få parametere. Til videre arbeid ville det vært spennende å sett på enda flere. Eksempler på dette kan være andre blansjeringstemperaturer og tørketemperaturer. Det ville vært fordelaktig å se på flere kvalitetsaspekter som for eksempel tap av vitaminer og mineraler. Hvordan ulike tørketeknikker påvirker innhold av uorganisk arsen og kadmium ville også vært spennende å sett på. Mikrobiologiske tester for å undersøke mikrobiell vekst på den tørkede taren ville også vært interessant å sett på.

## Referanser

- Aceto, M. (2016). 8 - The Use of ICP-MS in Food Traceability. I M. Espiñeira & F. J. Santaclara (Red.), *Advances in Food Traceability Techniques and Technologies* (s. 137-164). Woodhead Publishing.
- Ah-Hen, K., Zambra, C. E., Aguëro, J. E., Vega-Gálvez, A. & Lemus-Mondaca, R. (2013). Moisture Diffusivity Coefficient and Convective Drying Modelling of Murta (*Ugni molinae* Turcz): Influence of Temperature and Vacuum on Drying Kinetics. *Food and Bioprocess Technology*, 6(4), 919-930. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0758-5>
- Anandharamakrishnan, C. & Ishwarya, S. P. (2019). *Essentials and Applications of Food Engineering* (1st ed. utg.). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Andersen, G. S. (2015). Brunalger. Hentet 14. mars 2019 fra <https://snl.no/brunalger>
- ATAGO. (u.å-a). **How Does Temperature Correction Work?** Hentet fra [https://www.atago.net/en/databook-salt\\_principle.php](https://www.atago.net/en/databook-salt_principle.php)
- ATAGO. (u.å-b). The Principles of Salt Meters. Hentet fra [https://www.atago.net/en/databook-salt\\_principle.php](https://www.atago.net/en/databook-salt_principle.php)
- ATAGO. (u.å-c). Sodium Chloride Equivalent – Conversion from Sodium Content. Hentet fra [https://www.atago.net/en/databook-salt\\_principle.php](https://www.atago.net/en/databook-salt_principle.php)
- Berk, Z. (2013). *Food Process Engineering and Technology* (2. utg.). San Diego, US: Elsevier Science & Technology.
- Bradley Jr, R. L. (2010). Moisture and Total Solids Analysis. I S. S. Nielsen (Red.), *Food Analysis* (4. utg., s. 85-104). Boston, MA: Springer US.
- Da Silva, V. M., Silva, L. A., De Andrade, J. B., Veloso, M. C., Santos, G. V. & Veloso, V. D. C. (2008). Determination of Moisture Content and Water Activity in Algae and Fish by Thermoanalytical Techniques, *31*(4), 901-905.
- Domínguez-González, M. R., Chiocchetti, G. M., Herbello-Hermelo, P., Vélez, D., Devesa, V. & Bermejo-Barrera, P. (2017). Evaluation of iodine bioavailability in seaweed using in vitro methods. *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(38), 8435-8442.
- Dryden, I. G. C. (1982). *The Efficient use of energy* (2. utg.). London: Butterworth Scientific.
- Egeland, E. S. (2018). Alger. Hentet 15. mars 2019 fra <https://snl.no/alger>
- Ernæringsrådet. (2016). Risiko for jodmangel i Norge - identifisering av et akutt behov for tiltak. Hentet fra [http://www.ernaeringsradet.no/wp-content/uploads/2016/06/IS-0591\\_RisikoForJodmangeliNorge.pdf](http://www.ernaeringsradet.no/wp-content/uploads/2016/06/IS-0591_RisikoForJodmangeliNorge.pdf)
- FAO. (2009). *How to Feed the World in 2050*. FAO.
- FAO. (2018). *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Rome, Italy. Hentet fra <http://www.fao.org/3/i9540en/I9540EN.pdf>
- Figel, A. & Michalska, A. (2016). Overall Quality of Fruits and Vegetables Products Affected by the Drying Processes with the Assistance of Vacuum-Microwaves. Hentet fra <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5297706/>

- Foldal, S. (2018). Morfologiske relasjonar til dyrka *Saccharina latissima* ved tre stasjonar langs Norskekysten.
- Fudholi, A., Sopian, K., Othman, M. Y. & Ruslan, M. H. (2014). Energy and exergy analyses of solar drying system of red seaweed. *Energy & Buildings*, 68, 121-129. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.07.072>
- Goyal, R. K., Kingsly, A. R. P., Manikantan, M. R. & Ilyas, S. M. (2006). Thin-layer Drying Kinetics of Raw Mango Slices. *Biosystems Engineering*, 95(1), 43-49. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2006.05.001>
- Grattepanche, F. & Lacroix, C. (2013). Vacuum Drying. Hentet fra <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/vacuum-drying>
- Gupta, S., Cox, S. & Abu-Ghannam, N. (2011). Effect of different drying temperatures on the moisture and phytochemical constituents of edible Irish brown seaweed. *LWT - Food Science and Technology*, 44(5), 1266-1272. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.12.022>
- Heldman, D. R. (2003). *Encyclopedia of agricultural, food, and biological engineering*. New York, N.Y: Marcel Dekker.
- Helsedirektoratet. (2019). Inntak av næringsstoffer. Hentet fra <https://www.helsedirektoratet.no/faglige-rad/kostradene-og-naeringsstoffer/inntak-av-naeringsstoffer>
- Jin Park, K., Vohnikova, Z. & Pedro Reis Brod, F. (2002). Evaluation of drying parameters and desorption isotherms of garden mint leaves (*Mentha crispa* L.). *Journal of Food Engineering*, 51(3), 193-199. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00055-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00055-3)
- Kleppe, M. (2017). *KADMIUM, UORGANISK ARSEN OG JOD I DYRKET OG VILTVOKSENDE BUTARE (Alaria esculenta) OG SUKKERTARE (Saccharina latissima)* Universitetet i Bergen.
- Küpper, F., Carpenter, L., B McFiggans, G., J Palmer, C., J Waite, T., Boneberg, E.-M., ... Feiters, M. (2008). *Iodide accumulation provides kelp with an inorganic antioxidant impacting atmospheric chemistry*.
- Lemus, R. A., Pérez, M., Andrés, A., Roco, T., Tello, C. M. & Vega, A. (2008). Kinetic study of dehydration and desorption isotherms of red alga *Gracilaria*. *LWT - Food Science and Technology*, 41(9), 1592-1599. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.10.011>
- Lüning, K. & Mortensen, L. (2015). European aquaculture of sugar kelp (*Saccharina latissima*) for food industries: Iodine content and epiphytic animals as major problems. *Botanica Marina*, 58(6). <https://doi.org/10.1515/bot-2015-0036>
- Magnusson, M., Carl, C., Mata, L., de Nys, R. & Paul, N. A. (2016). Seaweed salt from *Ulva*: A novel first step in a cascading biorefinery model. *Algal Research*, 16, 308-316. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.algal.2016.03.018>

- Mahadevan, K. (2015). Seaweeds: a sustainable food source. I B. K. Tiwari & D. J. Troy (Red.), *Seaweed Sustainability: Food and Non-Food Applications* (s. 347-364). London, UK: Elsevier Science. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-418697-2.00013-1>
- Mauer, L. J. & Bradley Jr, R. L. (2017). Moisture and Total Solids Analysis. I S. S. Nielsen (Red.), *Food Analysis* (5. utg., s. 257-286). Cham: Springer International Publishing : Imprint: Springer.
- Minolta, K. (u.å.). Identifying Color Differences Using L\*a\*b\* or L\*C\*H\* Coordinates. Hentet 06.05.2019 fra <https://sensing.konicaminolta.us/blog/identifying-color-differences-using-l-a-b-or-l-c-h-coordinates/>
- Moreira, R., Chenlo, F., Sineiro, J., Arufe, S. & Sexto, S. (2017). Water Sorption Isotherms and Air Drying Kinetics of *Fucus vesiculosus* Brown Seaweed. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(4), e12997. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12997>
- NIFES. (2014). Jod. Hentet fra <https://nifes.hi.no/forskningstema/sjomat-og-helse/sjomaten-inneholder/jod/>
- Nitschke, U. & Stengel, D. (2016). *Quantification of iodine loss in edible Irish seaweeds during processing*.
- Nitschke, U. & Stengel, D. B. (2016). Quantification of iodine loss in edible Irish seaweeds during processing. *Journal of Applied Phycology*, 28(6), 3527-3533. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0868-6>
- Nofima. (u.å.). Måling av vannaktivitet. Hentet fra <https://www.nofima.no/filearchive/vannaktivitet.pdf>
- Olafsen, T. W., Olsen, U. & Skjermo, Y. (2012). *Verdiskaping basert på produktive hav 2050*. Hentet fra [https://www.sintef.no/globalassets/upload/fiskeri\\_og\\_havbruk/publikasjoner/verdiskaping-basert-pa-produktive-hav-i-2050.pdf](https://www.sintef.no/globalassets/upload/fiskeri_og_havbruk/publikasjoner/verdiskaping-basert-pa-produktive-hav-i-2050.pdf)
- Pedersen, B., Haraldsen, H. & Kofstad, P. K. (2018). Jod. Hentet 5.05.19 fra <https://snl.no/jod>
- Roleda, M. Y., Skjermo, J., Marfaing, H., Jónsdóttir, R., Rebours, C., Gietl, A., ... Nitschke, U. (2018). Iodine content in bulk biomass of wild-harvested and cultivated edible seaweeds: Inherent variations determine species-specific daily allowable consumption. *Food Chemistry*, 254, 333-339. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.024>
- Rueness, J. (2018). Tang og tare - brunalger. Hentet 11.05.2019 fra [https://snl.no/tang\\_og\\_tare\\_-\\_brunalger](https://snl.no/tang_og_tare_-_brunalger)
- Sagar, V. R. & Suresh, P. K. (2008). Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. Hentet fra [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3550996/pdf/13197\\_2010\\_Article\\_10.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3550996/pdf/13197_2010_Article_10.pdf)
- Sappati, P. K., Nayak, B. & van Walsum, G. P. (2017). Effect of glass transition on the shrinkage of sugar kelp (*Saccharina latissima*) during hot air convective drying. *Journal of Food Engineering*, 210, 50-61. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.04.018>

- Sappati, P. K., Nayak, B., VanWalsum, G. P. & Mulrey, O. T. (2019). Combined effects of seasonal variation and drying methods on the physicochemical properties and antioxidant activity of sugar kelp (*Saccharina latissima*). *Journal of Applied Phycology*, 31(2), 1311-1332. <https://doi.org/10.1007/s10811-018-1596-x>
- Schiener, P., Black, K. D., Stanley, M. S. & Green, D. H. (2015). The seasonal variation in the chemical composition of the kelp species *Laminaria digitata*, *Laminaria hyperborea*, *Saccharina latissima* and *Alaria esculenta*. *Journal of Applied Phycology*, 27(1), 363-373. <https://doi.org/10.1007/s10811-014-0327-1>
- Seremet, L., Botez, E., Nistor, O.-V., Andronoiu, D. G. & Mocanu, G.-D. (2016). Effect of different drying methods on moisture ratio and rehydration of pumpkin slices. *Food Chemistry*, 195(C), 104-109. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.125>
- Steinhovden, K. B. (2011). *Temperaturforsøk med juvenile sporofytter av Saccharina latissima fra fire lokaliteter langs norskekysten – Toleranse og mulig økotypisk differensiering*. (Master). Universitetet i Oslo, Oslo. Hentet fra file:///Users/andysony/Downloads/K.B.Steinhovden%20(1).pdf
- Stévant, P., Marfaing, H., Duinker, A., Fleurence, J., Rustad, T., Sandbakken, I. & Chapman, A. (2017). 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* (2018) 30:2047–2060.
- Stévant, P., Rebours, C. & Chapman, A. (2017). Seaweed aquaculture in Norway: recent industrial developments and future perspectives. *Aquaculture International*, 25(4), 1373-1390. <https://doi.org/10.1007/s10499-017-0120-7>
- Teas, J., Pino, S., Critchley, A. & Braverman, L. E. (2004). Variability of iodine content in common commercially available edible seaweeds. *Thyroid*, 14(10), 836-841.
- Thompson, T., Peart, R. & Foster, G. (1968). Matllematical Simulation of Corn Drying A New Model. *Transaction of the ASAE*, 11(4), 582-586.
- Tolstorebrov, I., Eikevik, T. M., Bantle, M., Sæther, M. & Petrova, I. (u.å.). Influence of Blanching and Low Temperature Drying on Physoco-chemical, Color and Thermal Properties of Brown Seaweed (*Saccharina latissima*). Norwegian University of Science and Technology.
- van den Burg, S. W. K., van Duijn, A. P., Bartelings, H., van Krimpen, M. M. & Poelman, M. (2016). The economic feasibility of seaweed production in the North Sea. *Aquaculture Economics & Management*, 20(3), 235-252. <https://doi.org/10.1080/13657305.2016.1177859>
- Verma, P., Arun, A. & Sahoo, D. (2015). Brown Algae. I D. Sahoo & J. Seckbach (Red.), *The Algae World* (s. 177-204). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Vo Hoang Nhat, P., Ngo, H. H., Guo, W. S., Chang, S. W., Nguyen, D. D., P.D., N., ... Guo, J. B. (2018). Can algae-based technologies be an affordable green process for biofuelproduction and wastewater remediation? *Bioresource Technology*, 256, 491-501. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.02.031>

Tom side



SEAWEED  
ENERGY  
SOLUTIONS AS

Seaweed Energy Solutions AS  
Bynesveien 48  
7018 Trondheim  
Norway  
[www.seaweedenergysolutions.com](http://www.seaweedenergysolutions.com)

Issue date: 09.10.2018  
No. of pages: 3

### Raw material specification: *Saccharina latissima* (Sugar kelp)

Species: *Saccharina latissima*, whole plant, frozen  
Origin: Cultivated at Frøya, Norway  
Processed at Hitramat, Norway  
Certificates: Certified organic by Debio



### Nutritional values<sup>1</sup>

Energy KJ/100 g	85
Energy kcal/100 g	20
Water content % (frozen product)	89.0

### Main components (g/100 g ww)<sup>1</sup>

Ash	4.68
Protein	1.88
Fat	0.37
Carbohydrates (calculated)	0.77
Dietary fiber	3.3
Salt, NaCl (calculated from total sodium)	1.18

### Minerals (mg/kg dw)<sup>2</sup>

#### Macrominerals

Sodium (Na)	52000
Magnesium (Mg)	7500
Phosphorus (P)	1700
Sulfur (S)	7300
Potassium (K)	84000
Calcium (Ca)	10000



Trace elements<sup>2</sup>

Lead (Pb)	0.11
Cadmium (Cd)	1.0
Mercury (Hg)	<1
Arsenic (As)	54
Nickel (Ni)	0.24
Chromium (Cr)	0.59
Iron (Fe)	39
Zinc (Zn)	27
Copper (Cu)	1.2
Selenium (Se)	<0.1
Iodine (I)	3670

Vitamins (ww)<sup>2</sup>

Vitamin A (Retinol)	<4.00	iu/g
Vitamin B1 (Thiamine)	<0.05	mg/100 g
Vitamin B2 (Riboflavin)	<0.05	mg/100 g
Vitamin B3 (Niacin)	0.19	mg/100 g
Vitamin B6 (Pyridoxine)	0.18	mg/kg
Vitamin B9 (Folate)	30	µg/100 g
Vitamin B12 (Cobalamin)	9.7	µg/100 g
Vitamin C	<1.00	mg/100 g
Vitamin E	<4.00	mg/kg

Amino acids (g/100 g ww)<sup>2</sup>

Aspartic acid (Asp, D)	0.15
Glutamic acid (Glu, E)	0.16
Glycine (Gly, G)	0.07
Histidine (His, H)	<0.02
Arginine (Arg, R)	0.07
Isoleucine (Ile, I)	0.05
Leucine (Leu, L)	0.10
Lysine (Lys, K)	0.06
Methionine (Met, M)	0.03
Phenylalanine (Phe, F)	0.06
Proline (Pro, P)	0.06
Serine (Ser, S)	0.07
Threonine (Thr, T)	0.06
Tyrosine (Tyr, Y)	0.04
Valine (Val, V)	0.07
Alanine (Ala, A)	0.11
Cysteine (Cys, C)	<0.02

<sup>1</sup>Analysis performed by Eurofins, Moss, Norway (accredited analytical laboratory), 2017

<sup>2</sup>Analysis performed by Kystlab preBIO, Frøya, Norway (accredited analytical laboratory), 2016

**Microbiology (cfu/g)<sup>3</sup>**

Total Viable Count 30°C	<330
Enterobacteriaceae	<10
Coliform count	<10
Escherichia coli	<10
Coagulase-positive staphylococci	<10
Lactic acid bacteria	<100
Yeast and molds	<10
Presumptiv Bacillus cereus	<100
Anaerobic bacteria, sulphite-reducing	<10
Clostridium perfringens	<10
Enterococcus	<10
Listeria monocytogenes	Not detected in 25 g
Salmonella bacteria	Not detected in 25 g

<sup>3</sup>Analysis performed by Kystlab preBIO, Frøya, Norway (accredited analytical laboratory), 2017

Viser resultater fra tørrstoffmålinger og vanninnhold før tørkestart. .Legger grunnlag for tabell 2.

UBEHANDLET SUKKERTARE						
Prøvenr.	(g)			(%)		
	Alu.form	Tare, våtvekt	Tare+alu.form, tørrvekt	Tørrstoff	Vann, w.b.	Vann, d.b.
1	2,574	1,017	2,660	8,456	91,544	1082,558
2	2,578	0,996	2,666	8,835	91,165	1031,818
3	2,590	1,022	2,681	8,904	91,096	1023,077
4	2,591	0,990	2,693	10,303	89,697	870,588
5	2,577	1,023	2,700	12,023	87,977	731,707
6	2,583	1,026	2,690	10,429	89,571	858,879
4	2,591	0,992	2,713	12,298	87,702	713,115
5	2,577	1,053	2,682	9,972	90,028	902,857
6	2,583	1,039	2,688	10,106	89,894	889,524
<i>Gj.snitt</i>	<i>2,583</i>	<i>1,018</i>	<i>2,686</i>	<i>10,147</i>	<i>89,853</i>	<i>900,458</i>
SKYLT SUKKERTARE						
Prøvenr.	(g)			(%)		
	Alu.form	Tare, våtvekt	Tare+alu.form, tørrvekt	Tørrstoff	Vann, w.b.	Vann, d.b.
4	2,591	1,003	2,641	4,985	95,015	1906,000
5	2,577	1,009	2,632	5,451	94,549	1734,545
6	2,583	1,005	2,630	4,677	95,323	2038,298
<i>Gj.snitt</i>	<i>2,584</i>	<i>1,006</i>	<i>2,634</i>	<i>5,038</i>	<i>94,962</i>	<i>1892,948</i>
BLANSJERT SUKKERTARE						
Prøvenr.	(g)			(%)		
	Alu.form	Tare, våtvekt	Tare+alu.form, tørrvekt	Tørrstoff	Vann, w.b.	Vann, d.b.
7	2,585	1,024	2,633	4,688	95,313	2033,333
8	2,576	1,018	2,63	5,305	94,695	1785,185
9	2,574	1,032	2,633	5,717	94,283	1649,153
7	2,585	0,992	2,628	4,335	95,665	2206,977
8	2,576	1,021	2,624	4,701	95,299	2027,083
9	2,574	1,009	2,603	2,874	97,126	3379,310
<i>Gj.snitt</i>	<i>2,578</i>	<i>1,016</i>	<i>2,625</i>	<i>4,603</i>	<i>95,397</i>	<i>2180,174</i>
FROSSEN SUKKERTARE						
Prøvenr.	(g)			(%)		
	Alu.form	Tare, våtvekt	Tare+alu.form, tørrvekt	Tørrstoff	Vann, w.b.	Vann, d.b.
1	2,574	1,071	2,722	13,819	86,181	623,649
2	2,578	1,001	2,662	8,392	91,608	1091,667
3	2,590	1,047	2,664	7,068	92,932	1314,865
10	2,563	1,040	2,647	8,077	91,923	1138,095
11	2,575	1,014	2,661	8,481	91,519	1079,070
12	2,564	1,061	2,640	7,163	92,837	1296,053
<i>Gj.snitt</i>	<i>2,574</i>	<i>1,039</i>	<i>2,666</i>	<i>8,833</i>	<i>91,167</i>	<i>1090,566</i>

Viser resultater fra vannaktivitetsanalyser, for alle tørkemetoder og forbehandlinger. Verdier legger grunnlag for figure 16.

<b>Vakuumtørking 40 °C</b>											
<b>Ubehandlet</b>				<b>Skylt</b>				<b>Blansjert</b>			
	<b>Frossen</b>	<b>Tint</b>	<b>Tørket</b>	<b>Frossen</b>	<b>Tint</b>	<b>Skylt</b>	<b>Tørket</b>	<b>Frossen</b>	<b>Tint</b>	<b>Blansjert</b>	<b>Tørket</b>
<b>Aw</b>	0,9631	0,9704	0,2506	0,9631	0,9704	0,9871	0,2776	0,9490	0,9759	0,9915	0,2628
<b>±</b>	0,004	0,003	0,003	0,004	0,003	0,001	0,009	0,018	0,002	0,002	0,001
<b>Vakuumtørking 60 °C</b>											
<b>Ubehandlet</b>				<b>Skylt</b>				<b>Blansjert</b>			
	<b>Frossen</b>	<b>Tint</b>	<b>Tørket</b>	<b>Frossen</b>	<b>Tint</b>	<b>Skylt</b>	<b>Tørket</b>	<b>Frossen</b>	<b>Tint</b>	<b>Blansjert</b>	<b>Tørket</b>
<b>Aw</b>	0,9484	0,9701	0,0581	0,9626	0,9708	0,9886	0,1026	0,949	0,9759	0,9915	0,1248
<b>±</b>	0,019	0,004	0,008	0,005	0,002	0,002	0,007	0,017	0,002	0,002	0,011
<b>Atmosfærisk tørking 60 °C</b>											
<b>Ubehandlet</b>				<b>Skylt</b>				<b>Blansjert</b>			
	<b>Frossen</b>	<b>Tint</b>	<b>Tørket</b>	<b>Frossen</b>	<b>Tint</b>	<b>Skylt</b>	<b>Tørket</b>	<b>Frossen</b>	<b>Tint</b>	<b>Blansjert</b>	<b>Tørket</b>
<b>Aw</b>	0,9602	0,9739	0,2554	0,9631	0,9704	0,9871	0,543	0,9602	0,9739	0,9879	0,7112
<b>±</b>	0,007	0,002	0,002	0,004	0,003	0,001	0,002	0,007	0,002	0,0026	0,059
<b>Atmosfærisk tørking 80 °C</b>											
<b>Ubehandlet</b>				<b>Skylt</b>				<b>Blansjert</b>			
	<b>Frossen</b>	<b>Tint</b>	<b>Tørket</b>	<b>Frossen</b>	<b>Tint</b>	<b>Skylt</b>	<b>Tørket</b>	<b>Frossen</b>	<b>Tint</b>	<b>Blansjert</b>	<b>Tørket</b>
<b>Aw</b>	0,9484	0,9701	0,1908	0,9626	0,9708	0,9886	0,147	0,949	0,9759	0,9915	0,1535
<b>±</b>	0,019	0,004	0,003	0,005	0,002	0,002	0,045	0,017	0,002	0,002	0,004
<b>Vakuumfrysetørking -20 °C</b>											
<b>Ubehandlet</b>				<b>Blansjert</b>							
	<b>Frossen</b>	<b>Tint</b>	<b>Tørket</b>	<b>Frossen</b>	<b>Tint</b>	<b>Blansjert</b>	<b>Tørket</b>				
<b>Aw</b>	0,9602	0,9739	0,0979	0,9602	0,9739	0,9879	0,0884				
<b>±</b>	0,007	0,002	0,006	0,007	0,002	0,0026	0,006				

Viser vekt (g), vanninnhold d.b. (%) og tørrstoff (%) før og etter endt atmosfærisk tørking. Alle forbehandlingar og temperature. Legger grunnlag for tørkekinetikken og figur 16..

<b>AT 80 °C UBEHANDLET 2.4.19</b>												
Prøve	Sukkertare (g)				Tørrstoff (g)				Vanninnhold, d.b. (%)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Før tørking	202,00	201,92	200,50	202,00	20,20	20,35	19,45	19,19	900,00	890,10	930,93	952,63
Endt tørking	21,27	22,16	20,76	20,43	-	-	-	-	5,30	6,69	6,74	6,46
<b>AT 80 °C SKYLT 3.4.19</b>												
"	Sukkertare (g)				Tørrstoff (g)				Vanninnhold, d.b. (%)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
"	200,25	200,75	198,04	-	9,15	8,83	9,27	-	2088,18	2167,57	2036,75	-
"	10,01	10,11	10,12	-	-	-	-	-	9,38	9,36	9,19	-
<b>AT 80 °C BLANSJERT 28.3.19</b>												
"	Sukkertare (g)				Tørrstoff (g)				Vanninnhold, d.b. (%)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
"	200,41	209,45	200,31	209,24	8,02	7,94	7,71	8,16	2400,00	2531,58	2497,40	2464,10
"	8,86	9,20	8,49	9,00	-	-	-	-	10,52	10,17	10,09	10,29
<b>AT 60 °C UBEHANDLET 11.4.19</b>												
"	Sukkertare (g)				Tørrstoff (g)				Vanninnhold, d.b. (%)			
	1 (26.3)	1	2	-	1 (26.3.)	1	2	-	1 (26.3.)	1	2	-
"	300,79	199,23	200,67	-	31,88	19,03	18,68	-	843,40	947,12	971,81	-
"	37,53	20,67	20,70	-	-	-	-	-	17,71	8,64	8,40	-
<b>AT 60 °C SKYLT 26.3.19</b>												
"	Sukkertare (g)				Tørrstoff (g)				Vanninnhold, d.b. (%)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
"	-	203,37	215,90	201,90	-	9,70	11,77	10,60	-	1992,05	1734,86	1804,76
"	-	12,42	14,52	13,10	-	-	-	-	-	23,41	23,40	23,59
<b>AT 60 °C BLANSJERT 27.3.19</b>												
"	Sukkertare (g)				Tørrstoff (g)				Vanninnhold, d.b. (%)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
"	-	200,72	200,40	200,18	-	8,01	9,62	8,21	-	2400,00	1983,33	2339,02
"	-	10,8	12,4	10,56	-	-	-	-	-	29,20	28,91	28,66

Viser vekt (g), vanninnhold d.b. (%) tørrstoff (%) før og etter endt vakuumbørking . Alle forbehandlinger og temperaturer. Legger grunnlag for tørkekinetikken.

VT 40 °C UBEHANDLET 11.4.19								
Sukkertare før tørking (g)			Tørrstoff (g)			Vanninnhold, d.b. (%)		
1	2	3	1	2	3	1	2	3
199,39	198,38	211,71	17,71	17,32	22,02	1026,13	1045,48	861,54
18,77	18,36	22,83	-	-	-	6,01	6,01	7,00

VT 40 °C SKYLT 26.3.19								
Sukkertare før tørking (g)			Tørrstoff (g)			Vanninnhold, d.b. (%)		
1	2	3	1	2	3	1	2	3
209,03	209,82		9,78	10,20		2036,75	1957,61	
10,92	11,39					11,63	11,70	

VT 40 °C BLANSJERT 27.3.19								
Sukkertare før tørking (g)			Tørrstoff (g)			Vanninnhold, d.b. (%)		
1	2	3	1	2	3	1	2	3
214,38	212,33		8,75	8,56		2350,98	2381,39	
9,67	9,45		-	-	-	10,56	10,44	

VT 60 °C UBEHANDLET 2.4.19								
Sukkertare før tørking (g)			Tørrstoff (g)			Vanninnhold, d.b. (%)		
1	2	3	1	2	3	1	2	3
199,89	200,13	200,62	18,99	20,01	19,86	952,63	900,00	910,10
19,98	21,12	20,99				5,22	5,53	5,68

VT 60 °C SKYLT 3.4.19								
Sukkertare før tørking (g)			Tørrstoff (g)			Vanninnhold, d.b. (%)		
1	2	3	1	2	3	1	2	3
200,80	200,74	200,24	8,67	9,17	8,11	2214,81	2088,18	2369,14
9,33	9,86	8,73				7,56	7,48	7,65

VT 60 °C BLANSJERT 28.3.19								
Sukkertare før tørking (g)			Tørrstoff (g)			Vanninnhold, d.b. (%)		
1	2	3	1	2	3	1	2	3
201,14	200,22	200,36	8,17	7,67	7,39	2363,05	2510,97	2610,03
8,69	8,18	7,88				6,41	6,67	6,58

VFT -20 °C UBEHANDLET								
Sukkertare før tørking (g)			Tørrstoff (g)			Vanninnhold, d.b. (%)		
1	2	3	1	2	3	1	2	3
194,62	194,88	191,97	17,65	17,34	16,28	1002,54	1023,60	1079,25
18,61	18,29	17,17				5,43	5,45	5,47

VFT -20 °C BLANSJERT								
Sukkertare før tørking (g)			Tørrstoff (g)			Vanninnhold, d.b. (%)		
1	2	3	1	2	3	1	2	3
191,98	192,76	191,41	7,39	7,46	6,70	2497,40	2483,98	2757,14
7,64	7,71	6,93				3,37	3,35	3,44

Resultater fra fargeanalyse, alle tørkemetoder og forbehandlinger. Verdier legger grunnlag for tabell 3.

### Vakuumtørring 40 °C

	Ubehandlet				Skylt					Blansjert				
	Frossen	Tint	Tørket	Møllet	Frossen	Tint	Skylt	Tørket	Møllet	Frossen	Tint	Blansjert	Tørket	Møllet
L*	12,36	8,33	11,16	40,37	12,36	8,33	5,41	28,1	39,28	21,89	9,7	8,82	30,25	41,56
C*	9,4	8,35	11,31	18	9,4	8,35	6,33	13,4	18,09	7,97	8,29	10,97	15,22	18,29
h*	74,72	81,21	80,82	90,4	74,72	81,21	82,58	81,22	90,09	69,56	84,89	95,9	83,88	90,98

### Vakuumtørring 60 °C

	Ubehandlet				Skylt					Blansjert				
	Frossen	Tint	Tørket	Møllet	Frossen	Tint	Skylt	Tørket	Møllet	Frossen	Tint	Blansjert	Tørket	Møllet
L*	15,36	11,89	27,04	45,77	18,55	13,4	7,18	33,19	44,88	22,8	12,08	11,79	35,03	41,91
C*	12,05	11,44	11,16	18,77	11,19	10,5	9,01	18,06	19,84	7,14	9,42	13,5	19,6	18,72
h*	73,86	90,28	82,6	90,08	74,85	85,05	90,86	83,82	92,36	69,66	87,38	94,27	85,19	90,06

### Atmosfærisk tørring 60 °C

	Ubehandlet				Skylt					Blansjert				
	Frossen	Tint	Tørket	Møllet	Frossen	Tint	Skylt	Tørket	Møllet	Frossen	Tint	Blansjert	Tørket	Møllet
L*	12,36	8,33	23,68	42,13	12,36	8,33	5,41	21,79	32,69	21,89	9,7	8,82	20,6	28,58
C*	9,4	8,35	6,6	22,02	9,4	8,35	6,33	4,61	17,15	7,97	8,29	10,97	2,98	12,75
h*	74,72	81,21	76,88	83,26	74,72	81,21	82,58	84,84	88,61	69,56	84,89	95,9	83,97	88,71

### Atmosfærisk tørring, 80 °C

	Ubehandlet				Skylt					Blansjert				
	Frossen	Tint	Tørket	Møllet	Frossen	Tint	Skylt	Tørket	Møllet	Frossen	Tint	Blansjert	Tørket	Møllet
L*	15,36	11,89	22,74	47,81	18,55	13,4	7,18	22,74	39,23	22,8	12,08	11,79	21,36	38,76
C*	12,05	11,44	7,77	17,43	11,19	10,5	9,01	6,34	16,65	7,14	9,42	13,5	4,42	16,59
h*	73,86	90,28	74,06	84,04	74,85	85,05	90,86	82,44	89,24	69,66	87,38	94,27	84,3	90,01

### Vakuumfrysetørring -20 °C

	Ubehandlet				Blansjert				
	Frossen	Tint	Tørket	Møllet	Frossen	Tint	Blansjert	Tørket	Møllet
L*	22,8	12,08	-	48,31	22,8	12,08	11,79	-	38,43
C*	7,14	9,42	-	17,37	7,14	9,42	13,5	-	16,27
h*	69,66	87,38	-	87,63	69,66	87,38	94,27	-	84,83

Resultater fra analyse med ICP-MS. Verdier ligger til grunnlag for figure 19 og 22, samt tabell 3.

Tørkemetode/ forbehandling	#	Na23(MR) (µg/g)	RSD, %	K39(MR) (µg/g)	RSD, %	I127(MR) (µg/g)	RSD, %
Ubeh. AT 60C	1	51 513	2,9	114 361	1,9	1619	1,6
Ubeh. AT 60C	2	41 471	0,2	92 938	2,8	2107	1,6
Ubeh. AT 60C	3	33 163	2,1	117 141	2,0	2680	1,3
Skylt AT 60C	4	11 595	2,8	38 769	3,1	1865	2
Skylt AT 60C	5	12 084	8,4	38 366	15,3	1965	1,4
Skylt AT 60C	6	11 240	2,0	38 863	3,1	1916	1,7
Blansjert AT 60C	7	6 958	3,0	17 346	2,8	757	0,9
Blansjert AT 60C	8	5 591	3,1	13 837	3,0	564	3,7
Blansjert AT 60C	9	6 640	0,5	16 902	0,7	715	2
Ubeh. AT 80C	10	41 284	0,7	122 714	2,1	2924	0,8
Ubeh. AT 80C	11	42 327	1,8	122 575	2,9	3041	1
Ubeh. AT 80C	12	45 125	1,3	129 926	1,4	3322	1,5
Skylt AT 80C	13	13 511	2,0	39 076	2,1	2036	0,8
Skylt AT 80C	14	14 271	0,9	41 537	0,3	2081	2
Skylt AT 80C	15	14 436	2,3	41 838	3,4	2154	0,3
Blansjert AT 80C	16	8 268	2,1	25 636	1,4	959	0,8
Blansjert AT 80C	17	8 789	1,7	28 395	2,6	1051	0,5
Blansjert AT 80C	18	8 013	2,8	25 185	1,8	978	1
Ubeh. VT 60C	19	46 485	2,2	132 405	4,8	3358	3,3
Ubeh. VT 60C	20	47 441	0,4	135 237	2,8	3474	1,2
Ubeh. VT 60C	21	46 378	2,5	128 597	0,9	3507	2,8
Skylt VT 60C	22	14 105	2,1	41 171	0,6	2170	4,5
Skylt VT 60C	23	14 893	0,5	44 017	1,9	2323	2,4
Skylt VT 60C	24	13 944	9,5	41 838	5,2	2261	2,6
Blansjert VT 60C	25	8 172	0,5	25 460	2,0	1185	1,8
Blansjert VT 60C	26	8 349	0,4	26 363	1,9	1146	1
Blansjert VT 60C	27	8 242	2,3	25 796	2,7	1092	0,4
Ubeh. VT 40C	28	45 669	2,5	101 421	3,1	1816	1,1
Ubeh. VT 40C	29	46 286	0,6	104 049	2,3	1801	1,9
Ubeh. VT 40C	30	46 949	2,2	105 578	4,3	1836	1,5
Skylt VT 40C	31	12 921	0,4	44 789	2,5	2606	0,9
Skylt VT 40C	32	13 318	1,6	45 014	2,0	2627	2,3
Skylt VT 40C	33	12 216	3,7	40 426	2,4	2459	3,5
Blansjert VT 40C	34	8 775	0,8	21 861	2,8	1103	1,2
Blansjert VT 40C	35	8 234	1,3	20 066	3,2	980	4,1
Blansjert VT 40C	36	8 814	1,1	21 540	3,3	1045	2,1
Ubeh. VFT -20C	37	51 714	0,7	105 385	1,1	1711	1,6
Ubeh. VFT -20C	38	51 297	3,2	107 499	4,7	1759	3,4
Ubeh. VFT -20C	39	50 547	1,5	104 632	1,8	1687	2,1
Blansjert VFT -20C	40	11 602	0,4	26 461	1,9	404	2,2
Blansjert VFT -20C	41	11 016	2,7	24 382	4,9	389	2
Blansjert VFT -20C	42	9 981	0,6	22 229	1,9	345	2,8

	Na23(MR) (µg/g)	RSD, %	K39(MR) (µg/g)	RSD, %	I127(MR) (µg/g)	RSD, %
Ref. 1	63959	0,6	134392	2,9	3069	0,7
Ref. 2	72041	3,7	146946	4,7	3345	1,2
Ref. 3	67701	2,8	142424	1,3	3160	1,8
Gj.snitt	67900	2,4	141254	3,0	3 191	1,2



Viser totalt beregnet saltinnhold, gjennomsnittlig saltinnhold og fortynningsfaktor for sukkertare.

	Sukkertare ubehandlet (d.b.)					Sukkertare skylt (d.b.)				
	VFT -20	VT 40	VT 60	AT 60	AT 80	VFT -20	VT 40	VT 60	AT 60	AT 80
Vekt tare (g)	2,15	3,23	1,03	4,04	1,00	0,00	1,01	1,01	1,02	1,01
Vekt vann (g)	78,22	109,59	29,10	137,44	29,21	0,00	39,01	39,07	30,36	39,16
Rekalk tare (g)	2,03	3,19	1,02	3,93	0,98	0,00	1,00	1,00	0,98	0,96
Vann% d.b	5,45	1,18	0,69	2,69	2,38	0,00	1,45	1,22	3,59	4,78
Gjennomsnitt NaCl	0,86	0,96	0,86	0,91	0,84	0,00	0,16	0,12	0,20	0,12
F.faktor	39,5	35,3	29,4	36,0	30,9	0,0	40,2	40,2	31,9	41,7
SD	0,03	0,13	0,13	0,08	0,05	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00
NaCl (%)	33,9	34,0	25,3	32,5	25,9	0,0	6,5	5,0	6,3	5,0

	Sukkertare blansjert (d.b.)					Sukkertare før tørking (sv.b.)		
	VFT -20	VT 40	VT 60	AT 60	AT 80	Råstoff	Blansjert	Skyt
Vekt tare (g)	2,02	0,99	1,00	1,00	1,02	4,01	10,00	10,00
Vekt vann (g)	78,3	39,1	39,2	30,4	39,3	36,2	90,2	90,0
Rekalk tare (g)	1,95	0,97	0,98	0,96	0,98	0,39	0,53	0,54
Vann% d.b	3,4	2,4	1,6	3,7	3,7	90,2	94,7	94,6
Gjennomsnitt NaCl	0,06	0,02	0,02	0,02	0,02	0,37	0,01	0,02
F.faktor	41,1	41,5	40,8	32,6	41,0	92,8	171,2	167,7
SD	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NaCl (%)	2,5	0,9	0,7	0,6	0,8	34,0	1,7	3,4

For rekalkulering av tare basert på vanninnhold ble følgende formel brukt:

$$\text{Rekalkulert tare (g)} = \left(1 - \frac{\text{Vann \% d. b}}{100}\right) * \text{vekt tare (g)}$$

Eksempelvis for ubehandlet VFT -20 °C:

$$\text{Rekalkulert tare (g)} = \left(1 - \frac{3,4\%}{100}\right) * 2,02 \text{ g} = 1,95 \text{ g}$$

Fortynningsfaktor ble beregnet ved følgende formel:

$$\text{Fortynningsfaktor} = \frac{(\text{Rekalkulert tare (g)} - \text{masse vann (g)})}{\text{Rekalkulert tare (g)}}$$

Eksempelvis for ubehandlet VFT -20 °C:

$$\text{Fortynningsfaktor} = \frac{(1,95 \text{ g} - 78,22 \text{ g})}{1,95 \text{ g}} = 39,5$$

Utregnet fortynningsfaktor ganges deretter opp med gjennomsnittlig målt saltinnhold for å få opprinnelig saltverdi i sukkertaren.

$$\text{Salinitet av opprinnelig løsning (\%)} = \text{Salinitet av fortynningsoppløsning (\bar{x})} * \text{fortynningsfaktor}$$

Eksempelvis for ubehandlet VFT -20 °C:

$$\text{Salinitet av opprinnelig løsning (\%)} = 0,86 \% * 39,5 = 33,9 \% \text{ NaCl}$$

