



DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTETET
BACHELOROPPGAVE

Studieprogram/studieretning: Biologisk Kjemi	<i>Vårsemesteret, 2023</i> Åpen
Forfatter: Maria Sørensen	
Fagansvarlig ved UiS: Cathrine Lillo	
Veileder(e): Gro Haugvaldstad Kleiberg, Tone Mari Rode & Marthe Jordbrekk Blikra	
Tittel på oppgaven: Ny teknologi for optimal utnyttelse av tare til mat	
Engelsk tittel: New technology for optimal utilization of seaweed as food	
Studiepoeng: 20	
Emneord: Pulserende elektrisk felt Høytrykksprosessering Blansjering Sukkertare (<i>Saccharina latissima</i>)	Sidetall: 46 + vedlegg/annet: - Stavanger, 12.05.2023

Sammendrag

Økende verdensbefolkning presser matprodusentene til å tenke nytt. Sjømat inkludert tare, vil kunne være viktige ressurser for matproduksjonen fremover. Det vil derfor være nødvendig å utvikle gode metoder for prosessering av tare. Gjennom denne studien ble det utført et stort forsøk på sukkertare, for å undersøke effekten av ulike prosesseringsteknologier. Målet med studien var å undersøke effekten av pulserende elektrisk felt (PEF), blansjering og høytrykk (HPP). Studien ble utført gjennom ett forforsøk, hovedforsøk og lagringsforsøk.

Forforsøket ble utført på opptint tare, og bestod av PEF behandling og blansjering ved 20 °C. Hovedforsøket ble utført på fersk tare, og bestod av PEF behandling og/eller blansjering ved ulike temperaturer (20, 45, 60 og 75 °C). Behandling med PEF antydte å ha effekt på dehydreringen av den opptinte. Ved dehydreringen av den ferske taren ble det derimot ikke dokumentert signifikant effekt av PEF behandlingen. Det ble tatt vannprøver underveis i forsøkene for å analysere jod- og polyfenolinnhold. Ved analyse av vannprøvene indikerte resultatene at polyfenolene generelt var sensitive for de ulike prosesseringsmetodene. Resultatene fra jodanalysen indikerte at behandling med PEF hadde god effekt på reduksjon av jodinnholdet i taren, ved alle blansjeringstemperaturene, men at temperatur over 60 °C ikke var nødvendig.

Målet med lagringsforsøket var å sammenligne holdbarheten på ubehandlet fersk sukkertare, og fersk sukkertare behandlet med høytrykk og/eller blansjering. Prøvene ble analysert for aerobe kimtall og sporer fra sporedannende bakterier. Resultatene antydte at behandling med HPP virker lovende for å hemme bakterievekst og forlenge holdbarheten på fersk tare. Fersk tare behandlet med HPP holdt ok kvalitet på dag 36, med hensyn til kimtall. Behandling med HPP kombinert med blansjering, antydte derimot å kunne trigge vekst av bakterier, da resultatene viste akselererende vekst fra dag 15 og utover i lagringsperioden.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	2
1. Innledning.....	5
2. Teori	6
2.1 Bærekraftig mat fra havet.....	6
2.2 Tare til mat	6
2.3 <i>Saccharina latissima</i> - Sukkertare	7
2.4 Blansjering.....	8
2.5 Pulserende elektrisk felt	8
2.6 Høytrykksprosessering.....	9
2.7 Jod.....	9
2.8 Polyfenoler	10
2.9 Rehydreringskoeffisient.....	10
2.10 Vannaktivitet.....	11
2.11 Holdbarhet	11
3. Metoder.....	13
3.1 Forforsøk	15
3.1.1 Råmateriale – Fryst sukkertare	15
3.1.2 Blansjering.....	15
3.1.3 Pulserende elektrisk felt.....	15
3.1.4 Mekanisk avvanning	15
3.1.5 Dehydrering	15
3.2 Hovedforsøk	16
3.2.1 Råmateriale – Fersk sukkertare.....	17
3.2.2 Klipping.....	18
3.2.3 Blansjering.....	18
3.2.4 Blansjering og Pulserende elektrisk felt	19
3.2.5 Mekanisk avvanning	20
3.2.6 Dehydrering	20
3.3 Analyser utført på opparbeidet prøvemateriale fra forforsøket og hovedforsøket	22
3.3.1 Tørrstoff	22
3.3.2 Vannaktivitet.....	23
3.3.3 Rehydrering.....	23
3.3.4 Fenolanalyse	24
3.3.5 Jod analyse	24
3.4 Lagringsforsøk	25
4. Resultater og diskusjon	27
4.1 Forforsøk	27
4.1.1 Dehydrering	27
4.1.2 Tørrstoff og vannaktivitet	28
4.1.4 Polyfenoler	29
4.2 Hoved forsøk	31

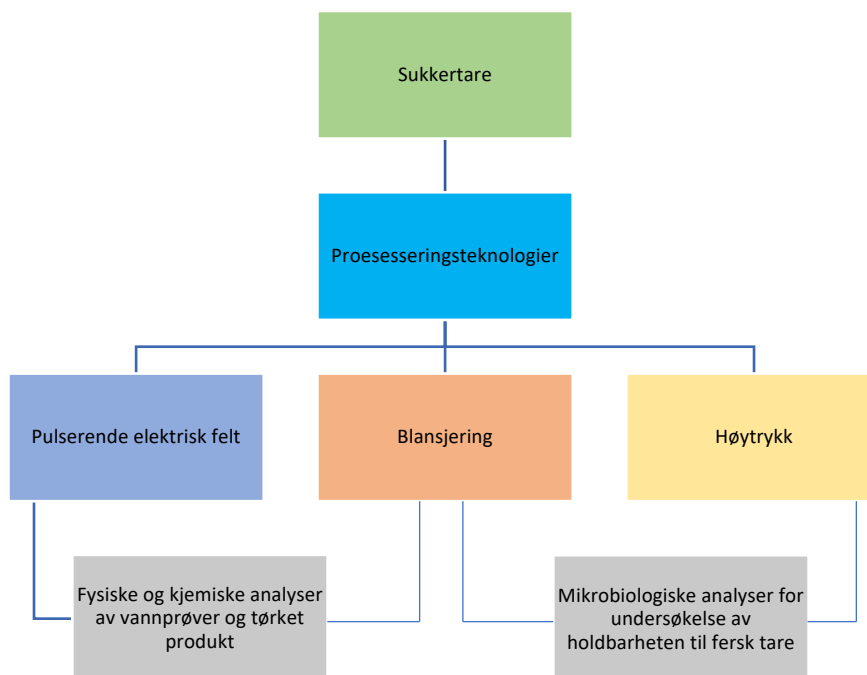
4.2.1 Dehydrering	31
4.2.2 Tørrstoff og vannaktivitet	33
4.2.4 Rehydrering.....	35
4.2.5 Polyfenoler	37
4.2.6 Jodanalyse.....	40
4.3 Lagringsforsøk	41
5. Konklusjon	43
6. Referanser	44

1. Innledning

Tang og tare er en fellesbetegnelse for makroalgene i havet og omfavner plantegruppene brunalger, rødalger og grønnalger. Artene som lever fastsittende på steiner i fjæra kalles tang, mens artene som oftest vokser under lavvannsmerket kalles tare (Indergaard, 2010, s. 4). Tang og tare skiller seg fra blomsterplantene ved at de kun har festeorgan og plantekropp istedenfor rot, stengel og blad (Indergaard, 2010, s. 4).

Tare er en ingrediens i matindustrien som får stadig større oppmerksomhet både i Norge og globalt (Skjermo, 2016, s. 268). Den inneholder noen komponenter det er nødvendig å ta hensyn til. Komponenten jod er nødvendig for oss, men bare i relativt små mengder (Blikra et al., 2020, s. 3). Mengden jod i tare er vanskelig å forutsi fordi den varierer mye avhengig av ulike forhold deriblant art, lokasjon, vekstfase, sesong og alder på taren (Blikra et al., 2020, s. 4). Det er ønskelig å redusere mengden jod og andre tungmetaller i taren, samtidig som en ønsker å beholde de gunstige komponentene. Polyfenoler fra tare kan ha antioksidative virkninger og anses dermed som helsebringende komponenter som en ønsker å beholde. (Blikra et al., 2020, s. 3).

Opgaven er utført i samarbeid med Nofima (Stavanger), for å undersøke ulike teknologier for prosessering av sukkertare. Studiets oppsett er beskrevet i Figur 1.



Figur 1 Alle forsøkene er utført med sukkertare som råmateriale. Grunnlaget for oppgaven var å undersøke hvordan ulike prosesseringsteknologier påvirker taren, blant annet ved å undersøke dehydrering, næringsstoffinnhold og holdbarhet.

2. Teori

2.1 Bærekraftig mat fra havet

Verdensbefolkningen har økt kraftig de siste årene og passerte i følge FN-sambandet sin nettside 8 milliarder innbyggere i november 2022. Det er forventet at befolkningen vil fortsette å øke, og nå en topp på 10,4 milliarder mennesker i 2080 (FN-sambandet, 2023a). I tillegg til en økende befolkning står verden også midt i en klimakrise. Hovedmålene fra Parisavtalen er å hindre at den globale oppvarmingen stiger mer enn 1,5 °C, og at verdens klimagassutslipp senkes ned til netto-null innen 2050 (FN-sambandet, 2023b).

Bedre utnyttelse av havet og økt sjømatproduksjon fra lave trofisknivåer som tare og blåskjell, trekkes frem som mulige tiltak i veien mot å oppnå klimamålene. Økt utnyttelse av ressursene i havet, er også en av de aktuelle løsningene for å sikre tilstrekkelige mengder mat av ernæringsmessig god kvalitet til den økende befolkningen (Lock et al., 2022, s. 284). Mat som høstes fra sjøen er en god kilde til essensielle vitaminer, omega-3-fettsyrer og proteiner. Sjømat har også ett lavere klimaavtrykk enn mat produsert på land. Bedre utnyttelse av havets ressurser vil med dette kunne bidra til lavere matmangel, bedre helse blant befolkningen samt bidra til å redusere klimautslippene (Lock et al., 2022, s. 285).

2.2 Tare til mat

Tang og tare bidrar med flere viktige bestanddeler som er nyttige for kostholdet vårt, eksempelvis antioksidanter, mineraler, vitaminer og proteiner. Det kan også være opphav til helt nye matprodukter (Skjermo, 2016, s. 267). Tare kan være en viktig kilde til flere ulike bioaktive komponenter, som ikke finnes i landplanter og som kan ha helsefremmende effekter. Inkludering av tare i dietten har blitt koblet til mindre tilfeller av kroniske sykdommer som kreft, diabetes type 2 og hjerteproblemer (Brown et al., 2014, s. 205).

Det er likevel viktig å nevne at noen tarearter eller tare høstet fra forurensende områder, ikke egner seg som mat. De kan inneholde store mengder tungmetaller og mineraler som kan være skadelige for mennesker (Lomartire et al., 2021, s. 17). En stor problemstilling angående tare til mat er at tare ofte inneholde svært høye nivåer av jod, som det er nødvendig å ta hensyn til. Det er med dette viktig å utvikle teknologier for prosessering av tare, for å sikre trygge matprodukter (Zhang et al., 2022, s. 12).

2.3 *Saccharina latissima* - Sukkertare

Sukkertare er en av de vanligste brunalgene, og befinner seg blant annet langs hele norgeskysten inkludert på Svalbard. Store deler (25-50 %) av den beregnede europeiske sukkertarebestanden befinner seg i Norge, trolig på grunn av landets lange kyst og kjølige klima (Bekkby et al., 2012, s. 5). Sukkertare trives best i delvis beskyttede områder, som er mindre utsatt for bølger (Moy & Kroglung, 2006, s. 1). Sukkertaren er den eneste tarearten som forekommer rikelig i bukter med løs bunn, dette fordi den kan etablere seg på småstein og skjell (Rueness & Knispel, 1998, s. 63). Sukkertare vokser fra lavvannsmerket og ned mot 30 meters dybde, avhengig av lysforholdene (Moy & Kroglung, 2006, s. 1). Sjøtemperatur er også en viktig faktor som påvirker sukkertare bestanden, da den ikke tåler lange perioder med temperatur over 19 °C. Klima forandring og økte temperaturer vil dermed ha en negativ effekt på sukkertarebestanden, noe som igjen vil føre til tap av habitat for planter og dyr som trives i tareskogene (Bekkby et al., 2012, s. 6).

Sukkertare har et varierende utseende, men er likevel ikke vanskelig å kjenne igjen da den skiller seg fra andre tarearter. Den har et bølgete blad uten midtstilk, men med et tykt og bulkete midtparti som forsterker bladets struktur (Rueness & Knispel, 1998).

Sukkertare har store blader som normalt kan bli 1-3 meter lange og 10-30 cm brede (Moy & Kroglung, 2006). Nederst på bladet sitter festeorganet taren bruker for å etablere seg på blant annet steiner, fjell og skjell.



Figur 2 Sukkertare (*S. latissima*) med en gulbrun farge, bulkete og forsterkende midtparti og sløraktige sideparti, og nederst et festeorgan. Foto: Nordic Forage (2023)

Sukkertare egner seg som ingrediens i mat, for eksempel i fiskekaker, men kan inneholde høye nivåer av jod og tungmetaller. En studie gjort på sukkertare høstet på vinterstid i Norge, viste ett varierende jod innhold på $4100 \pm 700 \mu\text{g/g}$ tørrvekt (Jordbrekk Blikra et al., 2021, s. 8). Innholdet av jod i sukkertare avhenger av blant annet årstid og hvor dypt den høstes. Tare som høstes fra grunnere vann (1 meter) inneholder mindre jod enn tare som høstes dypere (Jordbrekk Blikra et al., 2021, s. 15).

2.4 Blansjering

Blansjering er en gammel termisk prosesseringsmetode som fremdeles brukes mye den dag i dag (De Corcuera et al., 2004, s. 1). Blansjering er en vanlig forbehandling før blant annet tørking, frysing og hermetisering (Xiao et al., 2017, s. 102). Det finnes ulike måter å utføre behandlingen på, men behandling med vann og damp er vanligst i industrien (De Corcuera et al., 2004, s. 1). Behandlingen kan føre til inaktivering av enzymer og bakterier, avhengig av hvilken temperatur og varighet som blir brukt. Blansjering kan også føre til mer effektiv tørking, reduksjon av sprøytemiddel rester og øke produktets kvalitet (Xiao et al., 2017, s. 103). Det finnes også ulemper ved bruk av blansjering som prosesseringsmetode. Ved vannblansjering reduseres ofte innholdet av næringsstoffer betraktelig, fordi vannløselige komponenter kan lekke ut i blansjeringsvannet (Xiao et al., 2017, s. 107). Blansjering er også en svært energikrevende prosess. Det kan dermed være aktuelt å utvikle teknologier som kan erstatte eller redusere bruken av blansjering som prosesserings metode, for å redusere energiforbruket (De Corcuera et al., 2004, s. 3).

2.5 Pulserende elektrisk felt

Pulserende elektrisk felt (PEF) er en ikke-termisk konserveringsmetode som gjør det mulig å produsere mat av ernæringsmessig god kvalitet og holdbarhet (Kumar et al., 2015, s. 6). Behandling med PEF går ut på at produktet blir plassert mellom to elektroder og behandlet med pulserende elektriske stråler (Kumar et al., 2015, s. 6). Dette fører til en strukturell endring i produktet ved at det elektriske feltet skaper små porer i cellemembranen, noe som øker cellemembranens permeabilitet for blant annet ioner og makromolekyler (Luengo et al., 2014, s. 1270). Denne nedbrytingen av cellemembranen omtales også som elektroporering, og kan være reversibel, eller ikke reversibel med komplett ødeleggelse av membranen (Barba et al., 2015, s. 774).

Behandling med PEF kan være et godt alternativ for tradisjonell varmebehandling. Dette fordi PEF kan gi minimale sensoriske forandringer i produktet og inaktivering av mikroorganismer. Produktets holdbarhet kan forlenges samtidig som næringsinnholdet ikke påvirkes like mye som ved varmebehandling, og energiforbruket er lavere (Barba et al., 2015, s. 785). En kombinasjon som ofte benyttes i industrien, er PEF som forbehandling før tørking. Dette har vist seg å kunne føre til en forbedret og mer effektiv tørkeprosess (Barba et al., 2015, s. 782).

2.6 Høytrykksprosessering

Høytrykksprosessering (HPP) er en ikke-termisk konserveringsmetode som brukes for å inaktivere og fjerne patogener og uønskede mikroorganismer i mat. Ved bruk av HPP utsettes maten for et trykk på 50-1000 MPa (Considine et al., 2008, s. 1). Fordelen ved bruk av HPP er at maten blir skånsomt prosessert, vil smake ferskt og holde god kvalitet samtidig som holdbarheten forlenges (Considine et al., 2008, s. 5). Behandling med høytrykk utføres på pakkede produkter, noe som hindrer sekundærforurensning til produktene (Huang et al., 2017, s. 2). Mikroorganismer kan til en varierende grad være resistente mot HPP, spesielt sporeformende bakterier. En kombinasjon av høytrykk og varmebehandling kan føre til en bedre inaktivering av sporer, men det vil også være påvirket av andre faktorer som blant annet pH, bakterietype og lengden på behandlingen (Considine et al., 2008, s. 2). Høytrykksprosessering har et stort potensial innenfor matindustrien, da det i flere tilfeller kan føre til samme nivå av mattrygghet som varmepasteurisering (Considine et al., 2008, s. 5).

2.7 Jod

Jod er et helt essensielt næringsstoff for mennesker. Jod er en viktig komponent for produksjon av skjoldbukskjertelhormoner som er viktige for blant annet metabolisme, stoffskifte og optimal vekst hos barn (Andersson et al., 2007, s. 8). Jodmangel er et stort helseproblem i hele verden, og det ble antatt at nesten 2 milliarder mennesker får i seg for lite jod (Andersson et al., 2007, s. 8).

Tabell 1 Anbefalt daglig inntak av Jod gjengitt av Hogstad et al. (2023, s. 42).

Gruppe	Jod (μg)
7-11 måneder	70
Barn under 10 år	70-130
Barn over 10 år og voksne	150
Gravide og ammende	200

Selv om jod er essensielt for mennesker, kan det også føre til helseproblemer som blant annet ubalanse i stoffskifte, dersom inntaket er for høyt (Hogstad et al., 2023, s. 41). Det daglige inntaket av jod bør ikke overskride 600 μg for voksne (Hogstad et al., 2023, s. 42) eller 250 μg for barn mellom 4-6 år (Andersson et al., 2007, s. 17).

Tareprodukter kan inneholde varierende og veldig høye verdier med jod, noe som kan føre til at forbrukernes inntak av jod overskrider anbefalt mengde (Hogstad et al., 2023, s. 41). Det er derfor viktig med prosesseringsteknologier som effektivt reduserer mengden jod, samtidig som kvaliteten opprettholdes. En studie utført av Nofima viste at innholdet av jod i sukkertare i gjennomsnitt ble redusert med 85 % ved skylling og koking i 15 minutter (Jordbrekk Blikra et al., 2021, s. 15). Det har også blitt dokumentert at behandling med pulserende elektrisk felt har redusert jodinnholdet i tare betydelig (-40 %) (Blikra et al., 2022, s. 4). I tillegg er det dokumentert at blansjering (≥ 45 °C i ≥ 30 s) har redusert jodinnholdet med opp til 88 % (Nielsen et al., 2020, s. 12).

2.8 Polyfenoler

Polyfenoler er en fellesbetegnelse for komplekse fenolstrukturer. Polyfenoler er komponenter som naturlig er til stede i plantebasert mat (Abbas et al., 2017, s. 1689). Polyfenoler finnes ofte i fri form (vannløselige), men kan også være bundet til celleveggen (ikke vannløselige) (Abbas et al., 2017, s. 1692). Polyfenoler kan ha helsefremmende effekter, og kan blant annet potensielt bidra til å motvirke kreft, kontrollere og/eller behandle diabetes, og ha en positiv effekt i forhold til hjerte og kar sykdommer (Abbas et al., 2017, s. 1695). Mengden polyfenoler i tare varierer med tanke på årstid og fra art til art. Det er dokumentert at brunalger inneholder mer polyfenoler enn grønnalger og rødalger (Castejón et al., 2021, s. 5).

2.9 Rehydreringskoeffisient

Rehydreringskoeffisienten (%) er et mål på mengde vann det tørkede produktet har reabsorbert, etter at en tørket prøve er lagt i vann.

Formel 1 Rehydrering koeffisient (Ostermeier et al., 2020, s. 5)

$$RC = \frac{M_r - M_d}{M_f - M_d} \times 100\%$$

For å regne ut rehydreringskoeffisient (RC) kan Formel 1 brukes. Hvor M_r tilsvarer massen til den rehydrerte prøven (g), M_d er massen til den tørkede prøven (g), og M_f er massen til den ferske prøven (g) (Ostermeier et al., 2020, s. 5).

2.10 Vannaktivitet

Vannaktivitet (a_w) er sammen med temperatur ett av de viktigste parameterne innenfor konservering og bearbeiding av mat (Chirife, 2020, s. 1). Vannaktivitet er et mål på mengden vann som er tilgjengelig i produktet for biologiske funksjoner, som for eksempel enzymaktivitet (Ray & Bhunia, 2007, s. 56). Vannaktiviteten i mat rangeres fra 0,10-0,99 da ingen produkter har en a_w lik 0 eller 1 (Ray & Bhunia, 2007, s. 56). For mikroorganismer er det nødvendig med tilgjengelig vann for å leve og å vokse. Hver enkelt mikroorganisme har en optimal, maks og minimum a_w level (Ray & Bhunia, 2007, s. 57).

2.11 Holdbarhet

Alle biologiske produkter har en viss holdbarhets tid. Nedbrytningen av mat kan deles inn i tre hovedkategorier; kjemisk nedbrytning, fysisk nedbrytning og mikrobiologisk nedbrytning. Graden og hastigheten av nedbrytningen påvirkes av ulike faktorer. Eksempler kan være temperatur, pH, vannaktivitet, eksponering for oksygen og lys, og tilgjengelig næringsinnhold i produktet. Nedbrytningsprosessen kan ikke stoppes fullstendig, men den kan til en viss grad reduseres og forsinkes ved bruk av ulike prosesseringsmetoder. Håndteringen under prosesseringen og pakking vil også spille inn på produktets holdbarhetstid (Steele, 2004, s. 4).

Fersk tare har kort holdbarhet på grunn av dens høye vann- og næringsstoffinnhold, som egner seg godt for mikrobiell vekst (del Olmo et al., 2020, s. 1). Økt kunnskap om prosessering av tare er dermed av stor interesse verden over, for å sikre trygge matprodukter av god kvalitet (Zhang et al., 2022, s. 12). Forskning viser at effekten av høytrykk varierer mellom tareartene, men kan ha en effekt på mikrobiell vekst dersom trykket er høyt nok (del Olmo et al., 2020, s. 2).

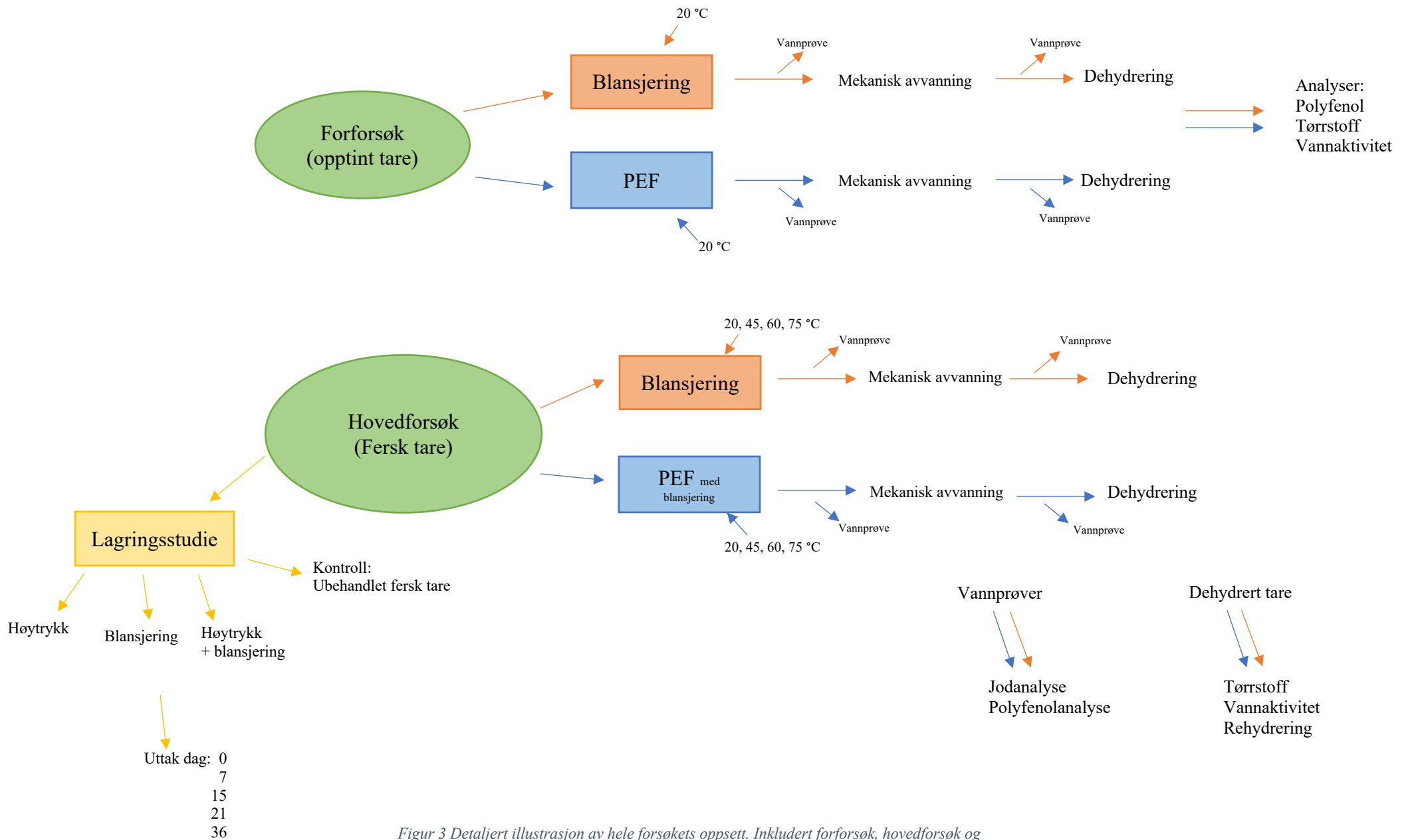
Holdbarhet av prosessert tare kan undersøkes ved hjelp av mikrobiologiske analyser. Ferdig tare vil inneholde mikroorganismer som gjenspeiler voksestedet den er høstet på. Det vil stort sett være kuldeterolante mikroorganismer som bidrar til nedbrytning av organisk materiale. Tare kan inneholde sykdomsfremkallende bakterier, dette gjelder spesielt tare som vokser i forurensede områder som i nærheten av kloakkutslipp og avrenning fra jordbruksområder. Det er vist at tare kan inneholde sporedannende bakterier som *Bacillus cereus* (Løvdal et al., 2021, s. 16).

Prosessering av tare vil bestå av trinn som reduserer den naturlige bakteriefloraen og dermed gir bedre mattrygghet og holdbarhet. Under prosessering og håndtering kan taren tilføres uønskede bakterier fra utstyr og personell, og det er dermed viktig med gode hygieneregler under prosessering for produksjon av trygge tareprodukter med lang holdbarhet (Nerin et al., 2016, s. 67).

3. Metoder

Det ble utført ett forforsøk på fryst sukkertare. Dette ble gjort for å kunne teste ut og forbedre metodene samt å optimalisere utførelsen av hovedforsøket som ble gjort på fersk tare. I forforsøket ble det utført 3 biologiske paralleller av tare som ble bløtlagt (videre omtalt som blansjert ved 20 °C) og 3 biologiske paralleller med tare som ble behandlet med PEF. Hovedforsøket besto av fersk tare som ble blansjert ved forskjellige temperaturer (20, 45, 60 og 75 °C) og tare som ble blansjert ved de forskjellige temperaturene og i tillegg behandlet med PEF. I hovedforsøket ble det utført 4 biologiske paralleller av hver behandlingsmetodene. Videre ble det utført ulike fysiske og kjemiske analyser på opparbeidet materiale fra begge forsøkene. Disse analysene er beskrevet i kapittel 3.3.

Det ble også utført et lagringsforsøk på den ferske sukkertaren. Der ble effekten av blansjering og høytrykk undersøkt med tanke på holdbarheten til taren.



Figur 3 Detaljert illustrasjon av hele forsøkets oppsett. Inkludert forforsøk, hovedforsøk og lagringsforsøk.

3.1 Forforsøk

3.1.1 Råmateriale – Fryst sukkertare

Forforsøket var ment for å prøve ut de ulike metodene, og det ble derfor brukt et råmateriale Nofima hadde liggende. Taren skal ble høstet i forbindelse med et tidligere forsøk våren 2019, og har siden det blitt oppbevart på frys (-30 °C). Før dette forsøket ble utført ble taren tatt opp fra frys i porsjoner, og lagt til tining på kjøll (4 °C) over natten før den ble brukt.

3.1.2 Blansjering

Opptint tare ble veid ut i porsjoner på 500 g. Tinevannet fra posen taren var oppbevart i, ble tatt vare på og fryst ned (-80 °C). Taren ble deretter overført til en beholder som inneholdt 5 liter springvann (20 °C). Taren ble liggende i vannet i 4 minutter før den ble overført til en sil for avrenning i 4 minutter. Blansjeringsvannet ble tatt vare på og fryst ned (-80 °C). Det ble utført 3 biologiske paralleller.

3.1.3 Pulserende elektrisk felt

Det ble også utført 3 biologiske paralleller med tare som ble behandlet med pulserende elektrisk felt (PEF). Opptint tare ble veid ut i porsjoner på 500 g. Tinevannet fra posen taren var oppbevart i, ble tatt vare på og fryst ned (-80 °C). Taren ble deretter overført til PEF beholderen som inneholdt 5 liter springvann (20 °C). PEF behandlingen ble utført med følgende maskininnstillinger; 24 kV, 30 Hz (frequency), 6 μ s (pulse width), 800 (pulse count). Taren ble liggende i PEF-beholderen i vann i totalt 4 minutter, før den ble overført til en sil for avrenning i 4 minutter. PEF vannet ble tatt vare på og fryst ned.

3.1.4 Mekanisk avvanning

Etter avrenningen i sil ble taren overført til pressen for mekanisk avvanning. Taren ble presset med 3 Mt (Metrisk tonn) i 45 sekunder. Vannet som ble presset ut av taren (press-vann) ble tatt vare på og fryst ned.

3.1.5 Dehydrering

Etter mekanisk avvanning ble taren overført til hver sin stekeplate med hull i bunnen. På stekeplatene var det tapet fast bakepapir, for å hindre at taren skulle henge seg fast når den tørket. Taren ble fordelt ut over brettene for å unngå flere lag med tare over hverandre.

Deretter ble taren satt i forvarmet tørkeskap på 70 °C (0% fuktighet, konstant tid og viftstyrke: 3 av 5). Taren ble tatt ut av tørkeskapet og veid hvert 15 minutt den første timen og videre hver halvtime. Totalt ble taren tørket i 3 timer, før den ble overført til ziplock-plastposer for oppbevaring.

3.2 Hovedforsøk

Selv om forforsøket ble gjort for å teste ut metodene, og endringer ble gjort, oppsto det noen hindringer som gjorde at noen finjusteringer måtte til underveis i hoved forsøket. Dette gjaldt henholdsvis klipping før behandling og dehydrering. Tabell 2 viser en oversikt over hvordan de ulike prøvene ble klargjort og behandlet. Halvparten av prøvene i forsøket ble blansjert, PEF behandlet, presset (mekanisk avrenning) og tørket (PEF20/45/60/75). Resten av prøvene ble blansjert, presset og tørket (B20/45/60/75). Det ble utført 4 biologiske paralleller for hver temperatur både med og uten PEF behandling.

Tabell 2 Oversikt over navn og behandling av den ferske sukkertaren. Prøvene ble blansjert ved de ulike temperaturene i 4 minutter. Betingelsene for PEF behandling var lik for alle prøvene som ble behandlet (se kapittel 3.2.4). Før tørking ble det utført mekanisk avvanning på alle prøvene. Tørketiden er delt opp, da taren ble tatt ut av tørkeskap og dratt fra hverandre. Det ble utført 4 biologiske paralleller av hver prøve.

Prøve navn	Klippet	Blansjeringstemperatur (°C)	PEF	Dehydrering (t)
PEF20	10 cm	20	Ja	4+1
PEF45	5 cm og på langs	45	Ja	2+3
PEF60	5 cm og på langs	60	Ja	2+3
PEF75	5 cm og på langs	75	Ja	2+3
B20	10 cm	20	Nei	4+1
B45	5 cm og på langs	45	Nei	2+3
B60	5 cm og på langs	60	Nei	2+3
B75	5 cm og på langs	75	Nei	2+3

Blansjeringsforsøkene for hver temperatur ble utført på samme dag som PEF+blansjering forsøkene for samme temperatur. Antall dager etter høsting og måten taren var klippet opp og behandlet på er derfor lik. Resultater fra PEF+blansjering og kun blansjering kan dermed sammenlignes for hver temperatur.

3.2.1 Råmateriale – Fersk sukkertare

Den ferske taren ble høstet 06.03.2023 like i nærheten av Lindesnes havhotell og Michelin restauranten Under (koordinater: 58.0417427, 7.1552908), av fridykker Melanie Endemann. Taren ble høstet i et område omtrent 3-10 meter fra land, på en dybde mellom 1 og 3 meter. Området rundt høstings plassen hadde igjen synlig forurensing til havet, som for eksempel beitedyr/gjødslet mark eller industribygg.



Figur 4 Området hvor sukkertaren ble høstet.

Under høstingen var det fokus på bærekraft, for å skåne miljøet og organismene i området mest mulig. Dette ble gjort ved å klippe av bladene på taren slik at festeorganet ble igjen, og taren kunne vokse opp igjen. Høstingen ble også fordelt på ett litt større område for å ikke renske havbunnen i enkelte områder helt for tare.



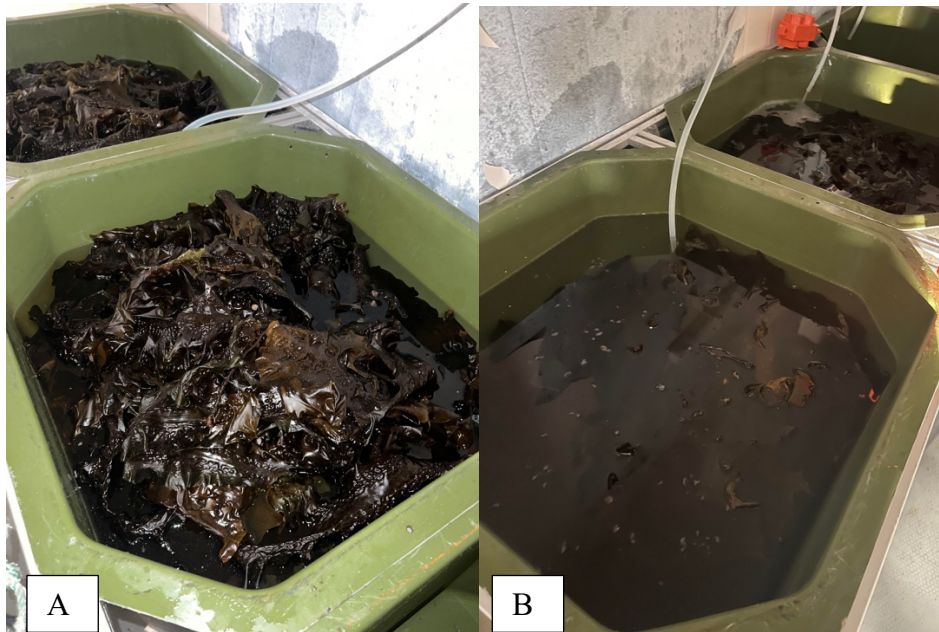
Figur 5 Fersk sukkertare rett etter høsting.



Figur 6 Taren ble oppbevart i tønner med sjøvann, under transport og frem til neste dag.

Retten etter høsting ble taren lagt i poser med dreneringshull for å deretter kunne veie taren med minst mulig sjøvann. Fire tønner ble fylt opp med 8-10 kg tare hver. Deretter ble tønnene fylt med sjøvann. En lett rist og fryseelementer ble lagt over taren for å holde den kjølig og under vann. Ventilasjonkorkene på lokket til tønnene ble åpnet for å sørge for oksygentilførsel.

Første døgnet ble taren oppbevart i tønnene, i et kjølerom som holdt 1 °C. Deretter ble taren transportert til NORCE (Mekjarvik) og lagt i kar med kontinuerlig tilførsel av friskt sjøvann. Taren ble høstet på dag 0, og forsøk ble utført på dag 1-4.



Figur 7 Den ferske taren ble oppbevart i kar med kontinuerlig tilførsel av friskt sjøvann, hos NORCE Bilde A er tatt dagen etter levering og viser at deler av taren ble liggende over vannoverflaten. Bilde B er tatt etter at noe av taren var hentet ut.

3.2.2 Klipping

Den ferske taren hadde store og lange blader som gjorde det nødvendig å klippe opp bladene i mindre biter. Deler av taren som var hardere enn ellers, blant annet den nederste delen av taren (nær festeorganet), ble klippet bort. Første dag ble bladene klippet opp i omtrent 10 cm lange biter. Under første blansjering og PEF forsøk ved 20 °C oppstod det problemer med å få tørket taren tilstrekkelig. Det ble derfor bestemt å klippe bladene i mindre biter i resten av hoved forsøket. Tarebladene ble da klippet opp i 5 cm lange biter og i tillegg klippet på langs på midten.



Figur 8 Ferskt tareblad før klipping.

3.2.3 Blansjering

Det ble utført blansjering (uten PEF behandling) av taren ved temperaturene 20, 45, 60 og 75 °C. Disse prøvene fikk navnene B20, B45, B60 og B75 (Fire biologiske paralleller av hver temperatur, A-D). Først ble 500 g tare veid ut, og deretter overført til en beholder med 5 liter vann med riktig temperatur. Etter blansjering i 4 minutter ble taren overført til en sil for

avrenning i 4 minutter. Det ble tatt vannprøver av blansjeringsvannet, som deretter ble fryst ned (-80 °C).



Figur 9 Bilde A viser tare etter blansjering ved 20 °C, Bilde B viser tare etter blansjering ved 75 °C.

3.2.4 Blansjering og Pulserende elektrisk felt

Prøvene som skulle behandles med pulserende elektrisk felt (PEF) ble også blansjert ved de forskjellige temperaturene. Dette ble gjort på ulike måter. Prøvene som skulle blansjeres ved 20 °C ble blansjert i PEF beholderen samtidig som PEF behandlingen ble utført. Prøvene som skulle blansjeres ved 45 °C ble delt opp og gjort i to omganger. Hver gang ble 250 g tare blansjert i 5 liter vann (45 °C), og samtidig PEF behandlet. Her er derfor fortyningen annerledes, og blansjeringsvann og PEF vann er også her slått sammen. Det ble gjort på denne måten fordi PEF maskinen ikke klarte å håndtere vannet på 45 °C sammen med 500 g tare. Taren som skulle blansjeres ved 60 °C ble først blansjert i 5 liter vann, lagt til avrenning på rist i 1 minutt, og deretter PEF behandlet i nytt vann på 20 °C. Taren ble liggende i vann i PEF beholderen i 4 minutter, før den ble overført til en sil for avrenning i 4 minutter. Tilsvarende ble gjort for blansjering ved 75



Figur 10 Maskin brukt til utførelse av Pulserende elektrisk felt behandling. Maskinen var levert av Elea.

°C. Det ble tatt vannprøver av PEF vannet og i tillegg av blansjeringsvannet for de prøvene der PEF behandling og blansjering ble utført hver for seg. Vannprøvene ble fryst ved -80 °C.

PEF behandlingen for alle prøvene ble utført med følgende maskininnstillinger; 24 kV, 30 Hz (frequency), 6 μ s (pulse width), 800 (pulse count).

3.2.5 Mekanisk avvanning

Mekanisk avvanning ble utført på samme måte for alle prøvene. Når avrenning etter blansjering og/eller PEF-behandling var fullført ble taren overført til pressen for mekanisk avvanning. Taren ble presset med 3 Mt (Metrisk tonn) i 45 sekunder. Vannet som ble presset ut av taren (press-vann) ble tatt vare på og fryst ned (-80 °C).



Figur 11 Oppsettet av pressen som ble brukt til mekanisk avvanning. Trykk måleren viser at trykket i pressen var på 3

3.2.6 Dehydrering

Etter mekanisk avvanning ble taren overført til hver sin stekeplate med hull i bunnen. På stekeplatene var det tapet fast bakepapir, for å hindre at taren skulle henge seg fast når den tørket. Taren ble fordelt ut over brettene for å unngå flere lag med tare over hverandre.

Deretter ble taren satt i forvarmet tørkeskap på 70 °C (0% fuktighet, konstant tid og viftstyrke: 3 av 5). Taren ble tatt ut av tørkeskapet og veid hvert 15 minutt den første timen og videre hvert 30 minutt.



Figur 12 Tare underveis i dehydreringsprosessen. Brettene med tare ble tatt ut av tørkeskapet flere ganger underveis for å veies.

Fra forforsøket ble det erfart at taren trengte mer enn 3 timer for å være tilstrekkelig dehydrert. For å sikre at den ferske taren ble tørr nok ble derfor tørketiden økt til 4 timer. Etter 4 timer ble taren tatt ut av tørkeskapet og gjort klar for overføring til oppbevaringsposer. Under overføringen første forsøksdag, ble det likevel oppdaget fukt der tarebladene hadde blitt liggende over hverandre på tørkebrettet, se Figur 13. Det ble derfor besluttet å tørke taren 1 time lenger, til sammen 5 timer. Før taren ble satt tilbake i tørkeskapet ble den dratt fra hverandre på brettene for å sørge for at bladene ikke lenger lå over hverandre. Viftstyrken i tørkeskapet ble satt ned til 2 av 5, for å unngå at de minste tare bitene skulle blåse av brettene.



Figur 13 Etter 4 timer tørking ble det oppdaget områder med fukt når taren ble dratt fra hverandre.

Etter første forsøk ble det bestemt at resten av prøvene ble tatt ut av tørkeskapet etter 2 timer. Da ble all taren snudd opp-ned på brettene og dratt fra hverandre, for å sørge for at tarebladene ikke ble liggende for kompakt. Taren ble deretter satt tilbake i tørkeskapet med viftestyrke 2 av 5 i 3 timer. Etter totalt 5 timer ble taren tatt ut av tørkeskapet og overført til ziplock-plastposer for oppbevaring.

3.3 Analyser utført på opparbeidet prøvemateriale fra forforsøket og hovedforsøket

3.3.1 Tørrstoff

Ved analyse av tørrstoff ble først et aluminiums beger veid, og deretter ble omtrent 2,5g tørket tare veid ut i begeret. Prøvene ble satt i tørkeskap på 105 °C. Etter 18 timer ble skålene tatt ut av tørkeskapet og veid på ny. Tørrstoff mengden ble regnet ut ved å trekke fra vekten på begeret og deretter sammenligne opprinnelig prøvevekt med vekt etter tørking.

3.3.2 Vannaktivitet

For å måle vannaktiviteten i den tørkede taren fra forforsøket ble en liten mengde tare overført til et plastikkbeger, og analysert i *AQUALAB 4TE-water activity meter*, som var kalibrert før bruk. Det ble analysert 3 tekniske paralleller av hver biologiske parallell. Ved analyse av den tørkede taren fra hovedforsøket ble taren først knust med morter, før den ble overført til små plastikkbeger og analysert. Det ble kun utført en analyse for hver av de biologiske parallellene.



Figur 14 Den tørkede taren fra hovedforsøket ble knust til pulver ved hjelp av en morter.

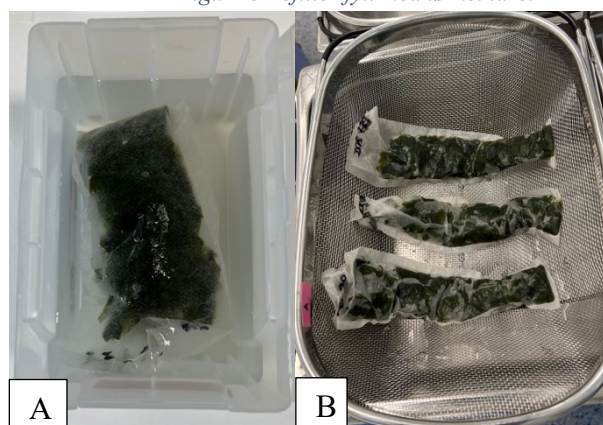
3.3.3 Rehydrering

For å undersøke mengden vann taren kunne ta opp igjen etter tørking i 5 timer, ble det utført et rehydreringsforsøk. Forsøket ble kun utført på den tørkede taren fra hovedforsøket som var PEF behandlet og blansjert ved 20 °C og 75 °C, og kun 3 av de biologiske parallellene (A-C).



Figur 15 Tefiltere fylt med tørket tare.

Store tefilter ble merket med prøvenavn og veid på analysevekt. Deretter ble 3-5 g tare fra hver prøve (så mye det var plass til i filteret) veid inn og overført til hver sitt tefilter. Videre ble prøvene lagt i 4 ml deionisert vann i hver sin beholder. Etter 5 min, 15 min, 30 min og videre hver halvtime ble taren tatt opp av vannet og lagt til avrenning før veiing. Avrenningen ble gjort ved å legge prøvene på en sil i to minutter. Etter 2 timer og 45 minutter ble hver beholder tilsatt 2 ml ekstra vann. Dette fordi mye av vannet ble tapt ved avrenning. Prøvene ble rehydrert i totalt 5 timer.



Figur 16 Tefilterene som var fylt med tare ble lagt i hver sin beholder med 4 ml deionisert vann, for å rehydreres (A). Før veiing ble taren lagt til avrenning på sil (B).

For å undersøke forholdet mellom den tapte fuktigheten under dehydreringsprosessen og den gjenopptatte fuktigheten underveis i rehydreringsprosessen, ble formel 1 (kap. 2.8) brukt.

3.3.4 Fenolanalyse

Vannprøvene som ble tatt underveis i forsøkene ble analysert for polyfenoler. Analysen ble utført i henhold til *Folin-Ciocalteu assay* (Singleton et al., 1999, s. 152-178).

Først ble en Propyl Gallate stock løsning klargjort ved å løse 0,53 g propyl gallate pulver (Sigma-Aldrich) i 250 ml 80 % metanol (VWR). Det ble videre lagd fortynninger av Propyl Gallate stock løsningen på henholdsvis 0,5, 1, 1,5 og 2 mM som ble brukt som standardprøver. Deretter ble 5 ml deionisert vann, 0,5 ml Folin-Ciocalteu phenol reagent (Sigma-Aldrich) og 0,5 ml prøve/standardprøve/blank (80 % metanol) blandet med vortex. Etter nøyaktig 3 minutter ble det tilsatt 1 ml 20 % Na_2CO_3 (Sigma-Aldrich), og videre 3 ml deionisert vann for å øke volumet til 10 ml. Løsningene ble blandet med vortex og rørene ble forseglet med lufttette korker før de ble oppbevart ved romtemperatur i 1 time.

For prøvene fra forforsøket ble absorbansen målt på 725 nm med vann som referanse i *UV mini 1240 – Spectrophotometer*, og i *BioTec synergy (H1) – microplate reader* på et mikrotitterbrett. Absorbansen på prøvene fra hovedforsøket ble kun målt på 725 nm i *BioTec synergy (H1) – microplate reader*, da dette viste gode resultater fra forforsøket.

3.3.5 Jod analyse

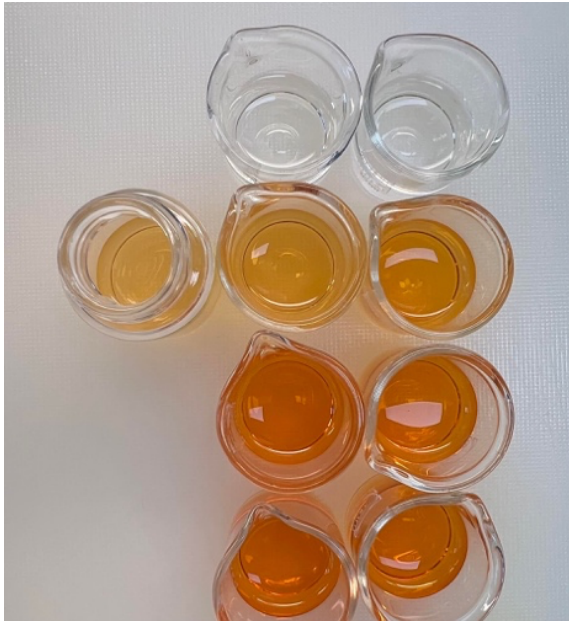
Ved analyse av jod innhold i vannprøvene ble det brukt et *Iodine Pro Test Kit* utviklet av Red Sea. Innholdet i kittet er vist i Figur 16.

En standardløsning ble lagd ved å overføre 5 ml deionisert vann til standard-beholderen og deretter tilsatt en måleskje *Iodine standard 0,06 ppm* pulver. Standarden ble ristet til alt pulveret var løst. Prøven som skulle analyseres ble fortynnet 1:500, dette fordi det kun var mulige å lese konsentrasjoner under 0,09 ppm ved bruk av dette kittet. Fortynningen ble laget i en 250 ml målekolbe ved å overføre 50 μl prøve og deretter tilsette deionisert vann opp til linjen på målekolben. Ved en slik fortynning følger det en vesentlig usikkerhet, som må tas med i betraktning når resultatene leses. Den fortynnede prøven (5 ml) ble overført til prøveholderen. *Iodine Pro Reagent A* (5 dråper) og



Figur 16 Iodine Pro Test Kit bestående av Iodine standard 0,06 ppm pulver, Iodine Pro Reagent A, Iodine Pro Reagent B, og ett fargekort.

deretter *Iodine Pro Reagent B* (8 dråper) ble tilsatt både standardløsningen og prøvene. Standardløsningen fungerte som en timer, ved at når fargen på standardløsningen tilsvarte fargen på fargekortet kunne test resultatet leses av ved å sammenligne fargen på prøven med fargekortet.



Figur 17 Eksempler på ulike fargenyanser som ble sammenlignet med fargekortet. Glasset alene til venstre er standardløsningen (0,06 ppm).

3.4 Lagringsforsøk

Et lagringsforsøk ble utført på den ferske sukkertaren som en ekstra del av hovedforsøket. Dette ble gjort for å undersøke taren holdbarhet etter ulike prosesseringsmetoder. De ulike prosesseringene som ble benyttet var høytrykk, blansjering og en kombinasjon av disse.

Fersk tare ble delt opp i totalt 80 porsjoner på 20 g hver, som deretter ble vakuumpakket. Av disse ble 40 prøver blansjert ved 70 °C i 2 minutter. Videre ble 20 av de blansjerte prøvene også behandlet med høytrykk (600 MPa i 2 min). 20 prøver ble kun behandlet med høytrykk. De resterende 20 prøvene ble ikke behandlet, og anses som kontrollprøver. Prøvene ble oppbevart på kjøll (4 °C) i opp til 36 dager.

Prøvene ble analysert med hensyn på totalantall bakterier i henhold til NMKL-metode 86 (utg. 5, 2013) Aerobe mikroorganismer. Bestemmelse i næringsmidler ved 37 °C, 30 °C, 25 °C, 20 °C, 17/7 °C eller 6,5 °C etter kolonitallmetoden. Metoden ble modifisert ved at *Plate count agar* (PCA, Merck KGaA) ble tilsatt 1% ekstra NaCl (VWR). Dette ble gjort for å tilpasse mediet til saltinnholdet i taren.

Det ble gjort uttak ved dag 0, 7, 14, 21 og 36. Fire biologiske paralleller av hver prøvetype ble fortynnet til 10^{-1} med peptonvann (0,85 % pepton og 0,9 % NaCl) og homogenisert ved hjelp av en stomacher i 2 minutter. En fortynningsrekke fra denne fortynningen ble lagd med peptonvann som fortynningsmedium. Deretter ble 100 μ l fortynnet prøve (10^{-1} - 10^{-4}) platet ut på PCA med 1% ekstra NaCl, alternativt ble utplating gjort i Eddyjet (IUL instruments). Etter utplating ble skålene inkubert ved 17 °C i 5 døgn før telling av kolonier.

Et utvalg av prøvene ble også analysert for sporer fra sporedannende bakterier som beskrevet i NMKL 189 (utg. 2, 2017) «Aerobt eller anaerobt kimtall eller sporetall. Bestemmelse på blodagar». Prøver fra en 10^{-1} fortynning ble varmebehandlet i 10 min ved 80 °C før utplating på blodagar (Oxoid PB115A). Prøvene ble analysert både for aerobe og anaerobe sporer. Blodagar skålene ble inkubert ved 30 °C i 3 døgn før koloniene ble telt.

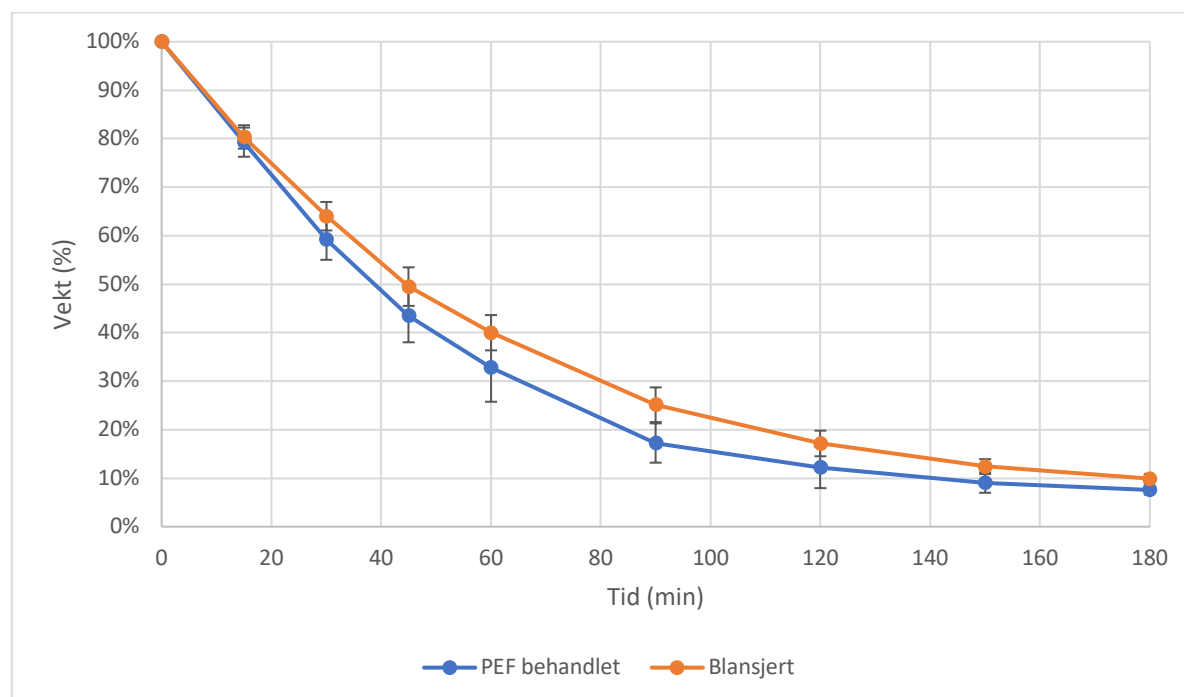
4. Resultater og diskusjon

Det ble utført flere ulike forsøk på sukkertare, for å undersøke virkningen av blansjering, behandling med PEF og behandling med høytrykk (se Figur 3). Resultatene fra forsøkene, inkludert fysiske, kjemiske og mikrobiologiske analyser, er oppgitt og diskutert i dette kapittelet. For å gi en bedre oversikt er resultatene delt opp i 3 kapitler; resultatene fra forforsøket, hovedforsøket og lagringsforsøket.

4.1 Forforsøk

4.1.1 Dehydrering

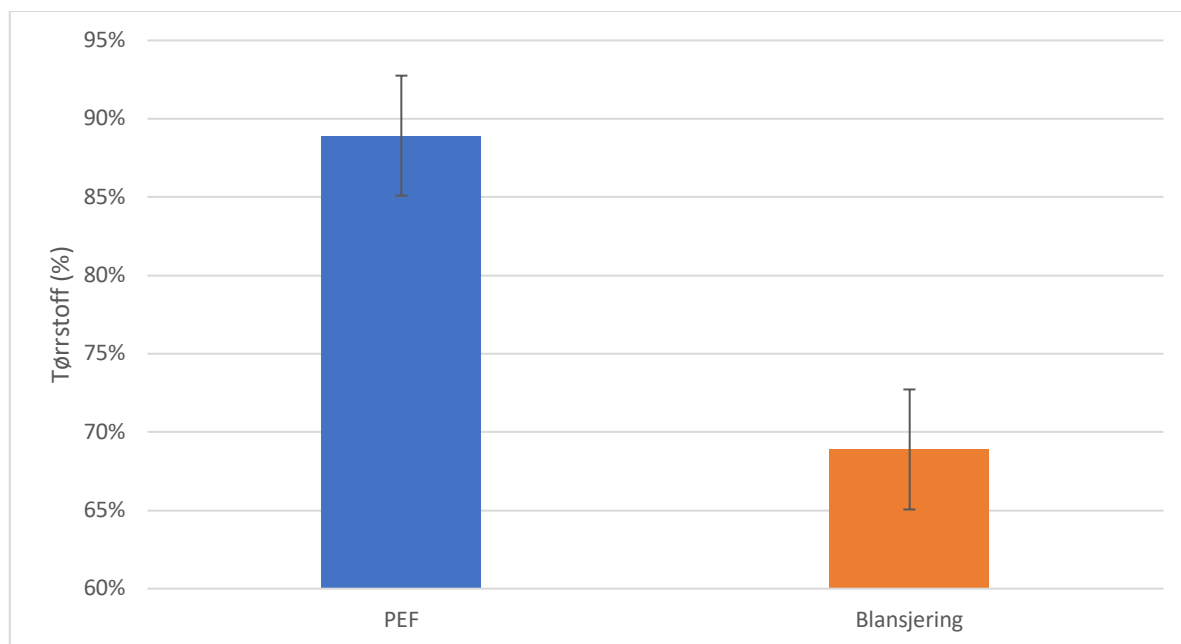
Vektnevdgangen under dehydreringsprosessen til den opptinte taren, er illustrert i Figur 17. Taren som var behandlet med PEF hadde en raskere nedgang i vekt (%) enn taren som bare ble blansjert ved 20 °C. Resterende tørrstoff etter 3 timer tørking var for den PEF behandlede taren $7,6 \pm 1\%$ og for den blansjerte taren $9,9 \pm 1\%$. Det antyder dermed at PEF behandlingen har hatt en positiv effekt på dehydreringen av taren, noe som ble undersøkt videre ved å analysere tørrstoff og vannaktivitet. En mer effektiv dehydrering kan være gunstig for å minimere tiden det tar før produktet er tilstrekkelig dehydrert, noe som igjen kan være energisparende. Det er viktig at produktet er tilstrekkelig dehydrert for å hindre/forsinke vekst av mikroorganismer i produktet. Dette kan føre til forlenget holdbarhet på produktet.



Figur 17 Vektnevdgangen (% av startvekt) under dehydreringsprosessen til den opptinte taren som var PEF behandlet sammenlignet med taren som kun var blansjert ved 20 °C.

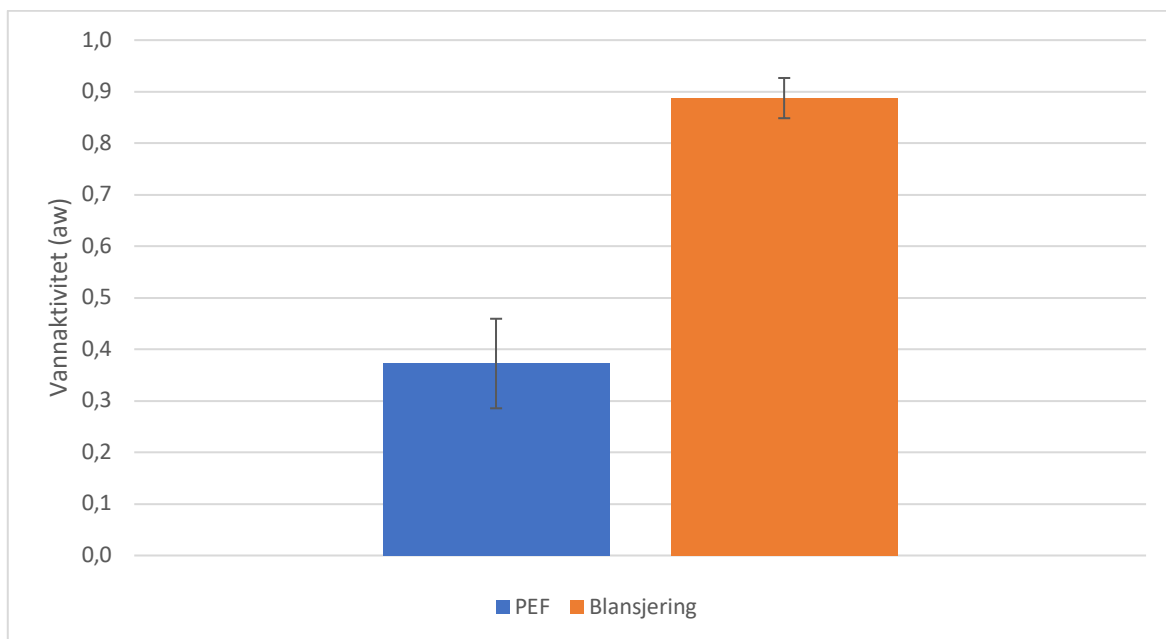
4.1.2 Tørrstoff og vannaktivitet

Mengden tørrstoff i prøvene ble analysert for å undersøke hvor godt dehydrert prøvene var. Resultatene, illustrert i Figur 18, viser at blansjeringsprøvene kun inneholdt i gjennomsnitt $68,9 \pm 4$ % tørrstoff, og PEF prøvene inneholdt $88,9 \pm 4$ % tørrstoff. Taren som var PEF behandlet har dermed tørket vesentlig bedre enn taren som kun var blansjert under den opprinnelige dehydreringen (3 timer i tørkeskap ved 70 °C).



Figur 18 Gjenværende tørrstoff i taren som var PEF behandlet og i taren som var blansjert, og videre dehydrert i 3 timer i tørkeskap (70 °C), etter 18 timer tørking ved 105 °C. Verdiene er gjennomsnittet av 3 tekniske paralleller for hver av de 3 biologiske parallellene for hver prøvetype.

Resultatene fra vannaktivitetsanalysen er illustrert i Figur 19. Prøvene fra taren som kun var blansjert hadde over dobbelt så høy vannaktivitet ($a_w=0,89 \pm 0,04$) som prøvene som var PEF behandlet ($a_w=0,37 \pm 0,09$). Prøvene som ble analysert var tilfeldig tatt og representerte bare en liten del av den totale tørkede taren for hver prøve. Det må antas at prøvene ikke var homogent tørket grunnet tørkemethoden som ble benyttet, noe som betyr at deler av prøvene kan også ha hatt høyere/lavere a_w enn resultatene indikerer. Ved en vannaktivitet på omkring $0,9$ er det mulig for flere ulike mikroorganismer å vokse. For eksempel kan *Staphylococcus aureus* vokse ved $a_w = 0,86$ (Troller, 2012, s. 216). *Bacillus cereus* som tidligere er oppdaget på tare (Løvdal et al., 2021, s. 16), kan vokse ved $a_w = 0,95$ og kan derfor ikke utelukkes i de blansjerte prøvene (Troller, 2012, s. 216).



Figur 19 Sammenligning av gjennomsnittlig vannaktivitet i prøvene som var PEF behandlet og prøvene som var blansjert ved 20 °C, etter 3 timer dehydrering i tørkeskap (70 °C).

Resultatene fra tørrstoff- og vannaktivitetsanalysen stemmer godt overens med resultatene fra dehydreringen (Figur 17). Behandling med PEF har dermed hatt en positiv effekt på dehydreringen av den opptinte taren. De dehydrerte prøvene som var behandlet med PEF vil derfor kunne ha en betraktelig lenger holdbarhet enn prøvene som kun var blansjert ved 20 °C. Disse resultatene førte til at det i hovedforsøket ble bestemt å øke tørketiden, for å sikre tilstrekkelig dehydrering.

4.1.4 Polyfenoler

For å effektivt kunne analysere flere prøver om gangen ble det undersøkt om analyse med microplate reader ga like nøyaktige resultater som analyse med kyvette i spektrofotometer. I Tabell 3 kan resultatene fra måling med kyvette og microplate sammenlignes. Resultatene fra to analyser viste at det var minimale forskjeller mellom målingene med kyvette og microplate, og det ble dermed besluttet å kun bruke microplate i hovedforsøket for å effektivt kunne analysere flere prøver på en gang.

Tabell 3 Sammenligning av resultatene ved bruk av kyvette og microplate. Verdiene er konsentrasjon polyfenoler (mM) før fortynninger gjort underveis i forsøket er tatt hensyn til.

Prøve	Kyvette	Microplate	Kyvette (2)	Microplate (2)
Tinevann	0,666	0,646	0,540	0,528
Blansjeringsvann	0,071	0,070	0,039	0,040
PEF-vann	0,054	0,053	0,045	0,045
Pressvann	0,199	0,195	0,110	0,110

Resultatene fra microplate målingene er omgjort til konsentrasjon polyfenoler (mg/l) og vist i Tabell 4. Det ble utført totalt 3 microplate målinger på de 4 ulike vannprøvene, med 3 analytiske paralleller av hver prøve. Fortynninger gjort underveis i utførelsen av forsøket er tatt hensyn til. Høyest konsentrasjon av polyfenoler ble funnet i tinevannet, med ett gjennomsnitt på $120,4 \pm 14$ mg/l. Lavest konsentrasjon var det i pressvannet (vannprøvene fra mekanisk avvanning), med ett gjennomsnitt på $31,3 \pm 9$ mg/l.

Tabell 4 Konsentrasjon polyfenoler (mg/l) i de ulike vannprøvene. Verdiene under hvert forsøk er gjennomsnittet av 3 tekniske paralleller.

Prøve	Konsentrasjon polyfenol (mg/l)			
	Forsøk 1	Forsøk 2	Forsøk 3	Gjennomsnitt
Tinevann	$136,98 \pm 3$	$112,08 \pm 1$	$112,23 \pm 2$	$120,4 \pm 14$
Blansjeringsvann	$148,00 \pm 3$	$84,42 \pm 0$	$88,13 \pm 0$	$106,8 \pm 36$
PEF-vann	$112,48 \pm 0$	$96,21 \pm 2$	$74,89 \pm 2$	$94,5 \pm 19$
Pressvann	$41,32 \pm 1$	$23,41 \pm 1$	$29,28 \pm 1$	$31,3 \pm 9$

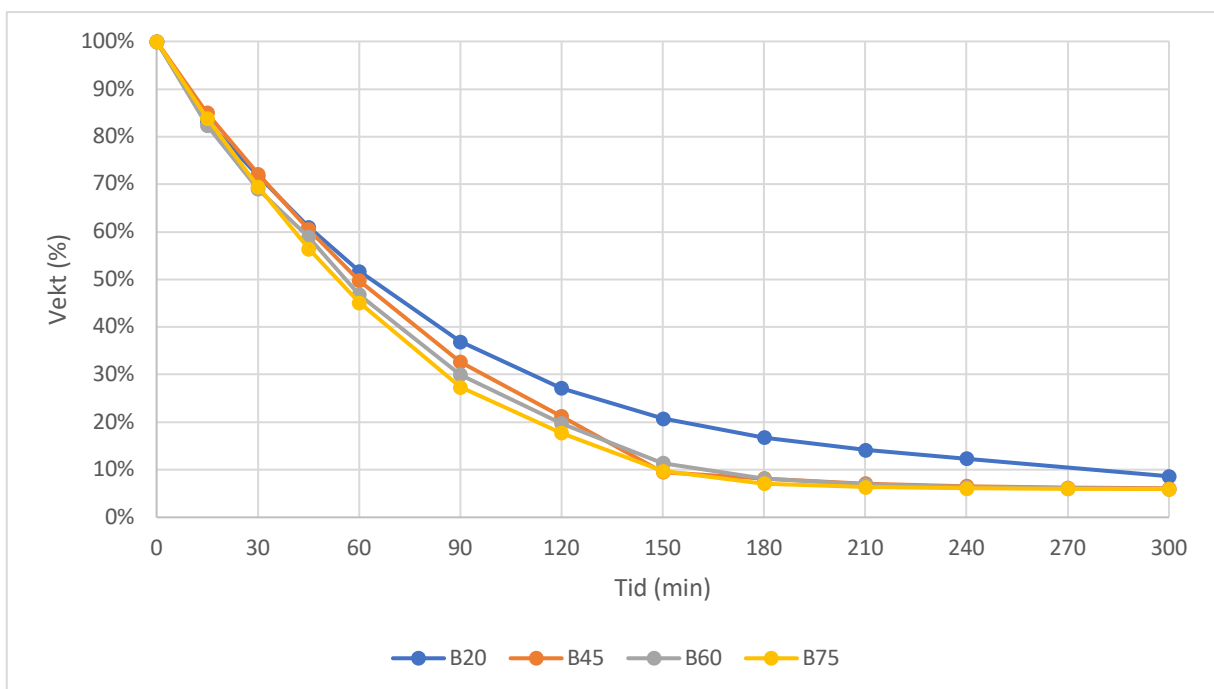
Noen polyfenoler kan være gunstige bestanddeler i kostholdet for mennesker, og det kan dermed i noen tilfeller være ønskelig med prosessering som bevarer deler av polyfenolinholdet i taren. Tinevann prøvene inneholdt høyest konsentrasjon av polyfenoler noe som kan tyde på at frysing og opptining av taren hadde en reduserende effekt på polyfenolinholdet. Ved frysing av fersk mat dannes det iskrystaller i produktene, som kan føre til at cellestrukturene endres (Li et al., 2018, s. 46). Noen typer polyfenoler er bundet til celleveggen (Abbas et al., 2017, s. 1692), men kan påvirkes av strukturelle endringer, noe som kan være årsaken til høy konsentrasjon i tinevann prøvene. Det er også vist at behandling med PEF kan føre til strukturelle endringer i produktene, ved at det dannes porer i cellemembranen som øker permeabiliteten for diverse molekyler (Luengo et al., 2014, s. 1270). Det var derfor til en viss grad forventet av PEF vannet skulle inneholde mer polyfenoler enn blansjeringsvannet. Likevel antyder ikke resultatene fra Tabell 4 dette. Gjennomsnittet for blansjeringsvannet fra forsøk 1 skiller seg betydelig ut i forhold til de andre forsøkene, og drar dermed opp det totale gjennomsnittet for blansjeringsvann. Når resultatene fra blansjeringsvann og PEF vann fra forsøk 2 og 3 studeres, ser det ut til å være minimal forskjell på polyfenolinholdet i disse vannprøvene. Den minimale forskjellen mellom PEF og blansjerings prøvene, kan skyldes at det allerede var en betydelig strukturell endring i produktet etter frysingen, og at polyfenolinholdet dermed allerede var betydelig

reduisert. Dette kan ha ført til at selve behandlingen med PEF for å skape en strukturell endring, hadde liten effekt når taren på forhånd hadde vært fryst.

4.2 Hoved forsøk

4.2.1 Dehydrering

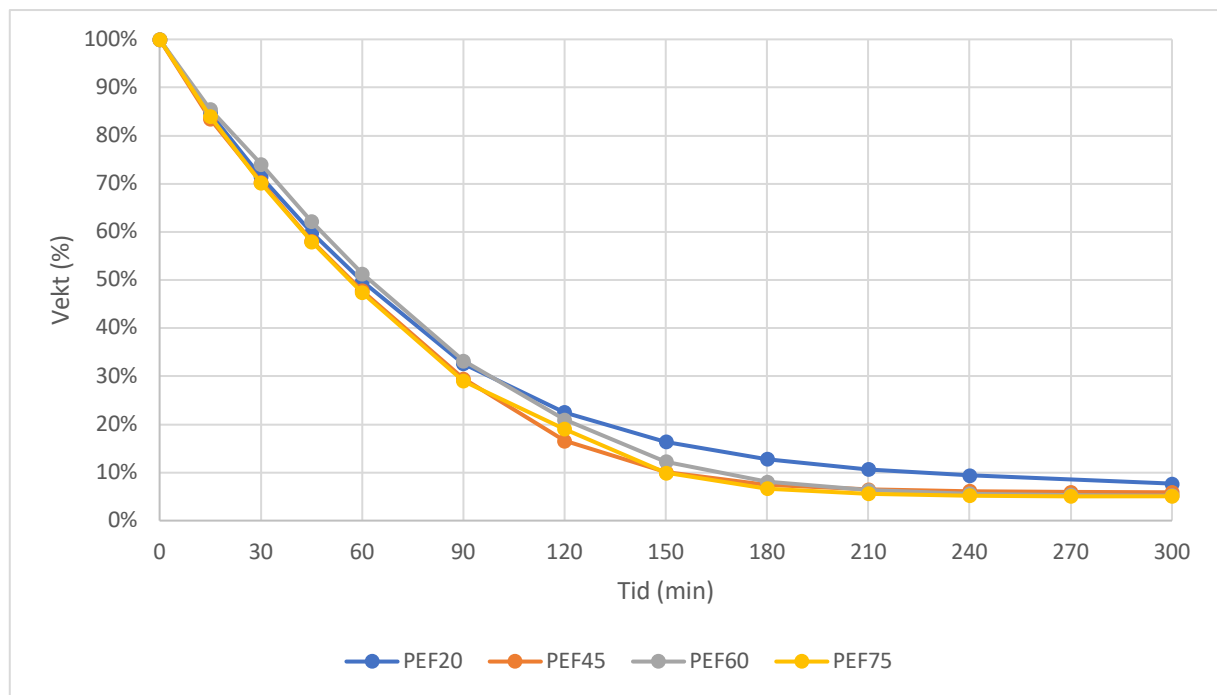
Resultatene fra dehydreringsprosessen til prøvene som var blansjert ved ulike temperaturer er vist i Figur 20. Prøvene som var blansjert ved 20 °C (B20) ble tørket annerledes enn de andre prøvene, se Tabell 2. Dette viser igjen i resultatene ved at kurven til B20 ikke har en like utflatende trend som de andre prøvene. Dette tyder på at å endre tørkemethoden for de andre prøvene hadde en gunstig effekt, men kan også være påvirket av den lave blansjeringstemperaturen. Mellom 30 og 120 minutter tørking hadde prøvene som var blansjert ved høyere temperatur generelt mistet noe mer vekt enn prøvene som var blansjert ved lavere temperatur. Likevel ender de ulike prøvene (bortsett fra B20) med nokså lik sluttvekt (%), dette er vist tydeligere i Figur 22.



Figur 20 Nedgangen i vekt (%) underveis i dehydreringsprosessen, for gjennomsnittet av blansjeringsprøvene som var blansjert ved temperaturene 20, 45, 60 og 75 °C. Standardavvikene var mellom 0,08-3,81 %, med høyest verdier i starten av dehydreringsprosessen, og generelt lavere ved høyere blansjeringstemperatur. Standardavvikene er ikke tatt med i figuren, ettersom de overlapper og fører til dårlig lesbarhet.

Resultatene fra dehydreringsprosessen til prøvene som var behandlet med PEF kombinert med blansjering er illustrert i Figur 21. PEF20 prøvene ble tørket på samme måte som B20 prøvene, likevel hadde PEF20 en noe flatere trenden i slutten av tørketiden enn B20. For PEF prøvene som var blansjert ved de ulike temperaturene antyder resultatene at

blansjeringsstemperaturene ikke var like avgjørende som ved kun blansjering, og det er mer varierende hvilke prøver som har tørket raskest underveis.

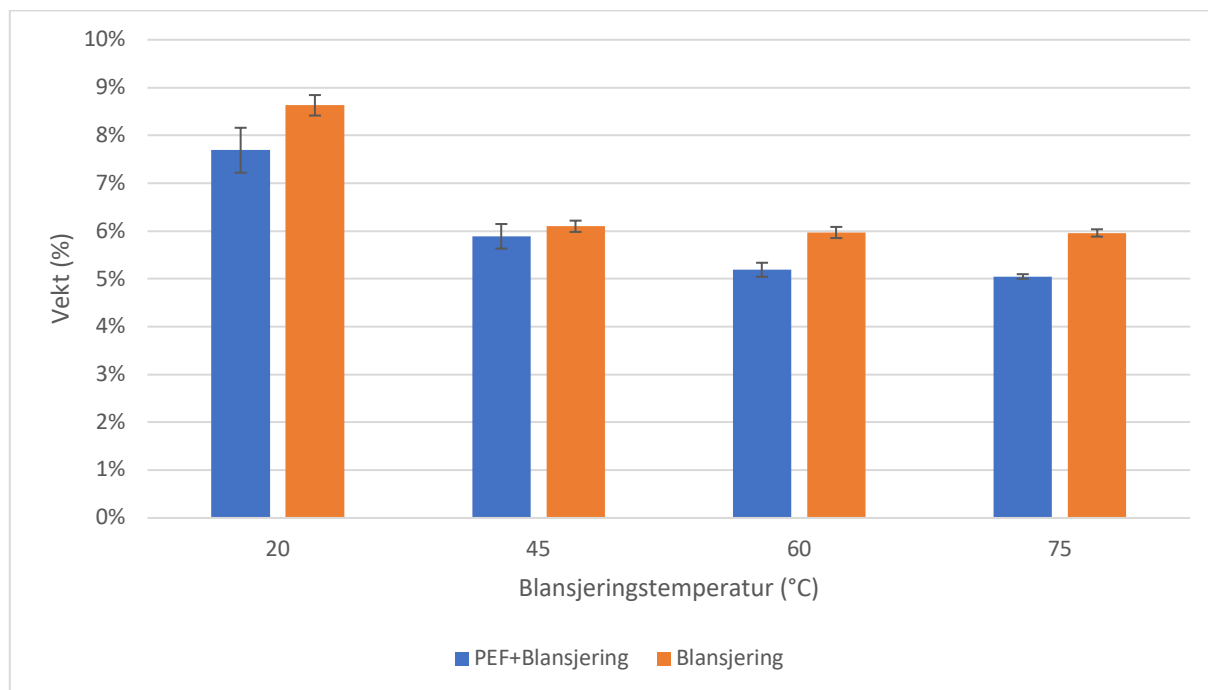


Figur 21 Nedgangen i vekt (%) underveis i dehydreringsprosessen, for gjennomsnittet av prøvene som var PEF behandlet og blansjert ved temperatuene 20, 45, 60 og 75 °C. Standardavvikene var mellom 0,04-3,62 %, med høyest verdier i starten av dehydreringsprosessen, og generelt lavere ved høyere blansjeringsstemperatur. Standardavvikene er ikke tatt med i figuren, ettersom de overlapper og fører til dårlig lesbarhet.

Resterendevekt (%) hos alle prøvetypene etter totalt 5 timer dehydrering, er vist i Figur 22.

Resultatene antyder at prøvene som var PEF behandlet kombinert med blansjering generelt hadde en noe lavere resterendevekt (dermed større vektreduksjon) enn prøvene som kun var blansjert. Økt blansjeringsstemperatur hadde størst effekt fra 20 til 45 °C. Forskjellen fra 20 til 45 °C kan også skyldes at prøvene som ble behandlet ved 20 °C ble dehydrert noe annerledes enn de andre prøvene, som nevnt tidligere. Ved blansjeringsstemperatur fra 45 til 75 °C er forskjellen i resterende vekt liten, spesielt fra 60 til 75 °C. Den minimale effekten av å øke blansjeringsstemperaturen, kan indikere at det i industrisammenheng ikke vil være gunstig med blansjeringsstemperatur over 45 °C. Å holde blansjeringsstemperaturen lav, vil føre til lavere energiforbruk og være kostnadssparende for industrien. Prøvene som kun var blansjert ved 20 °C hadde en resterende vekt på $8,63 \pm 0,21$ %, og prøvene som var PEF behandlet i tillegg hadde en resterende vekt på $7,69 \pm 0,47$ %. Prøvene som kun var blansjert ved 75 °C hadde en resterende vekt på $5,96 \pm 0,08$ %, og prøvene som var PEF behandlet i tillegg hadde en resterende vekt på $5,05 \pm 0,05$ %. Standardavvikene minket ved økt blansjeringsstemperatur, noe som kan tyde på at taren fikk en jevnere dehydrering og derfor mindre forskjeller mellom de biologiske parallellene. At PEF prøvene generelt hadde mistet noe mer vekt enn prøvene

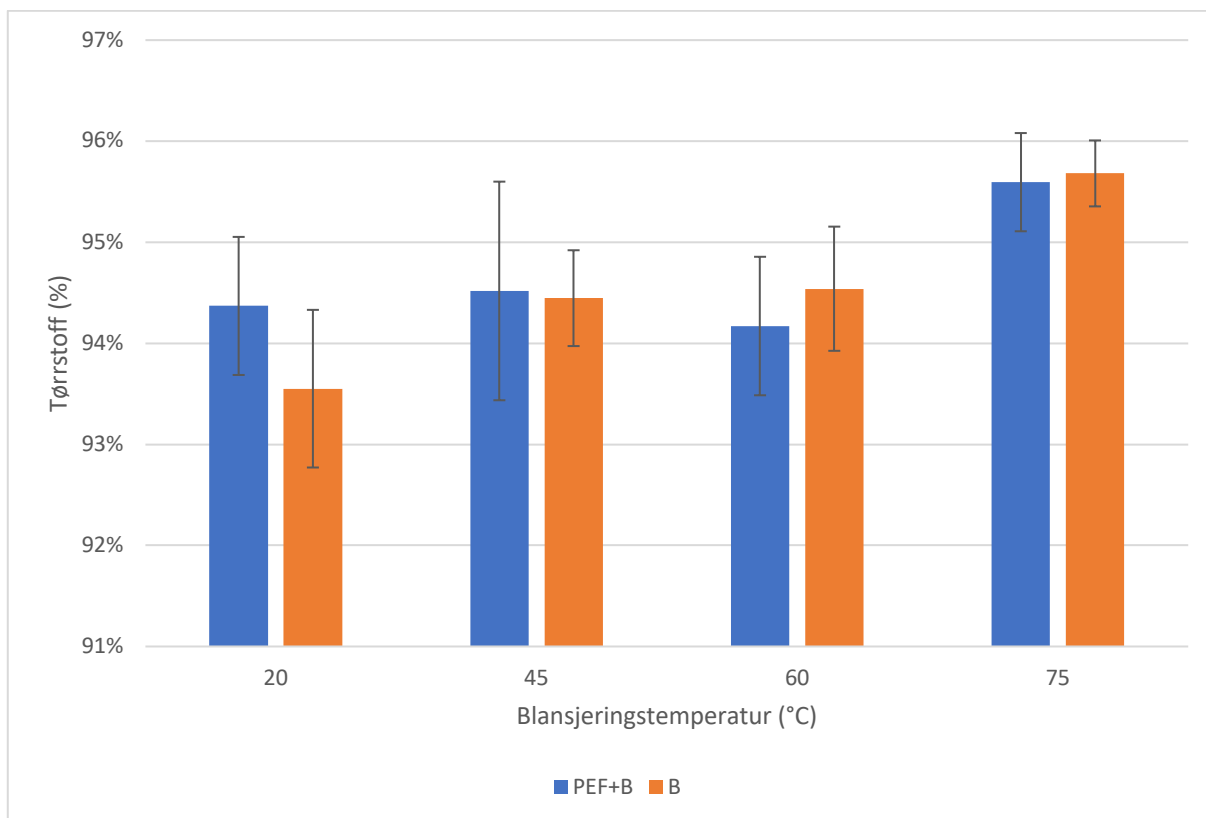
som kun ble blansjert, betyr ikke nødvendigvis at de inneholdt mindre vann. Det var derfor nødvendig å undersøke det nærmere med tørrstoff- og vannaktivitetsanalyser, for å kunne ta stilling til om å legge til PEF i en industriprosess kan gi gunstig effekt på tørketiden.



Figur 22 Resterendevekt (%) etter totalt 5 timer dehydrering i tørkeskap. Sammenligning mellom prøvene som var blansjert + PEF behandlet og prøvene som bare var blansjert. Verdiene er gjennomsnittet fra 4 biologiske paralleller for hver temperatur, med standardavvik.

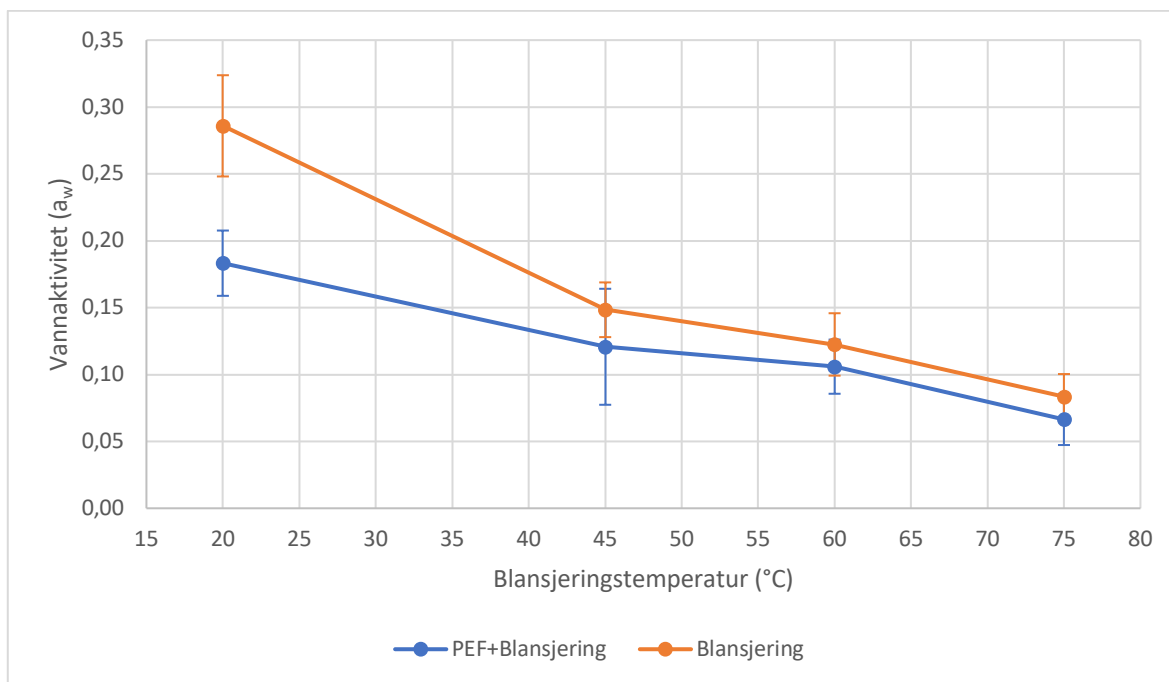
4.2.2 Tørrstoff og vannaktivitet

Resultatet fra tørrstoffanalysen er vist i Figur 23. Resultatene indikerer kun noe forskjell i gjennomsnittlige tørrstoffverdier (%), mellom prøvene som var PEF behandlet kombinert med blansjering og prøvene som kun var blansjert ved 20 °C. Men ettersom standardavvikene er store, er det usikkert om disse forskjellene er reelle. Resultatene fra begge prøvetypene ved 45 og 60 °C antyder at PEF behandlingen hadde minimal effekt, og at temperaturøkningen fra 20 til 60 °C heller ikke hadde signifikant påvirkning. Prøvene som var blansjert ved 75 °C hadde derimot noe høyere tørrstoffinnhold enn de andre prøvene, men ingen signifikant effekt av PEF behandlingen. Det ble kun utført 1 analytisk parallell av hver av de 4 biologiske parallellene for hver temperatur, noe som betyr at kun rundt 15 % av hver prøve ble analysert. Vanninnholdet i tare er ikke nødvendigvis likt i hele planten, og kan varierer i ulike deler av taren (Sumandiarsa et al., 2022, s. 82). En liten del av den tørkede prøven er derfor ikke nødvendigvis representativ for hele prøven, og fører dermed til en viss usikkerhet i resultatene.



Figur 23 Gjennomsnittlig (fra 4 biologiske paralleller) tørrstoff i taren som var PEF behandlet + blansjert og i taren som kun var blansjert ved de ulike temperaturene. Taren var dehydrert i tørkeskap i 5 timer før tørrstoffanalyse ble utført (18 t tørking ved 105 °C).

Vannaktivitetsmålingene fra de ulike tørkede tareprøvene er vist i Figur 24. Resultatene antyder at det var noe lavere vannaktivitet i prøvene for hver økning i blansjeringsstemperatur, men at forskjellen fra 45 til 60 °C var minimal. Behandling med PEF utgjorde størst forskjell når prøvene ble blansjert ved 20 °C. Prøvene som var PEF behandlet kombinert med blansjering ved 20 °C hadde en $a_w = 0,18 \pm 0,02$, og prøvene som kun var blansjert en $a_w = 0,29 \pm 0,04$. Ved de høyere blansjeringsstemperaturene ligger punktene for PEF kombinert med blansjering og kun blansjering innenfor hverandres standardavvik, noe som indikerer at en eventuell forskjell er liten. Resultatet fra målingene på prøvene som var PEF behandlet og blansjert ved 75 °C var lavest med $a_w = 0,06 \pm 0,02$ og på prøvene som kun var blansjert ved 75 °C $a_w = 0,08 \pm 0,02$.

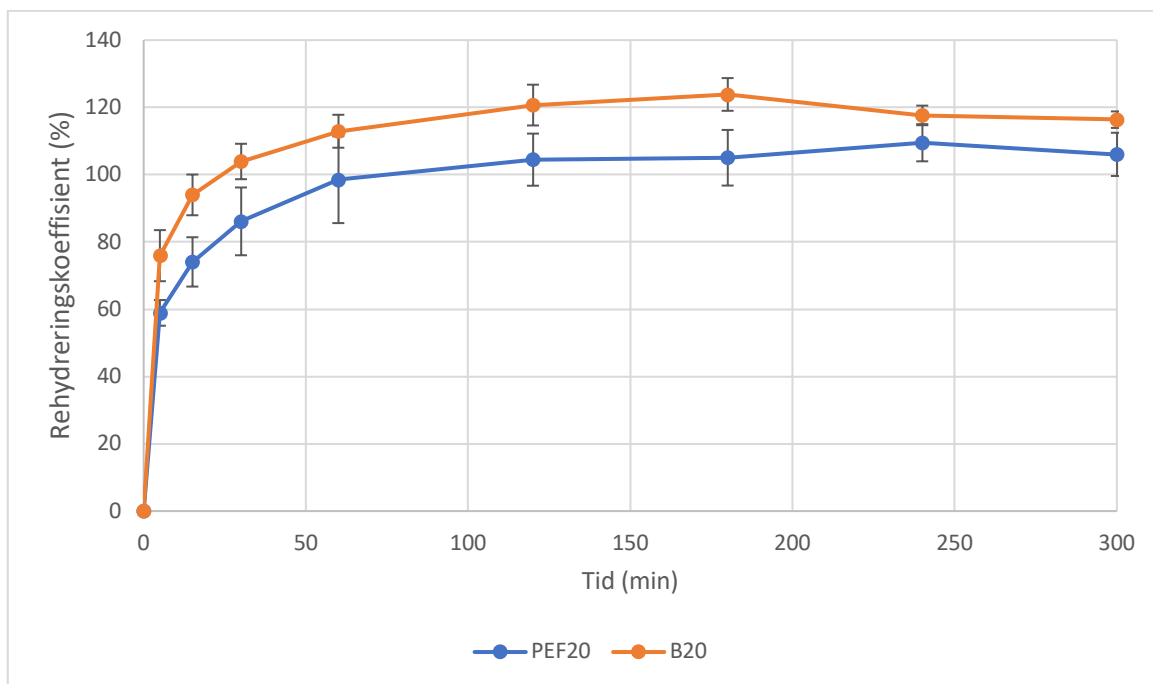


Figur 24 Sammenligning av gjennomsnittlige vannaktivitetsmålinger av PEF + blansjerings prøver og Blansjerings prøver ved de ulike temperaturene.

Resultatene fra tørrstoff- og vannaktivitetsanalysen indikerer at ved blansjeringstemperatur på 20 °C kan PEF behandlingen ha hatt en positiv effekt i forhold til hvor godt tørket taren ble. Ved de høyere blansjeringstemperaturene har PEF behandlingen derimot ikke hatt en signifikant effekt. Det kan derfor være gunstig å inkludere PEF i industrien for å effektivisere tørkeprosessen, men ikke dersom blansjeringstemperaturen er høy. Resultatene kan også antyde at økning i blansjeringstemperatur fra 45 til 60 °C utgjorde minimal forskjell, men at økningen til 75 °C derimot kan ha ført til noe bedre tørking.

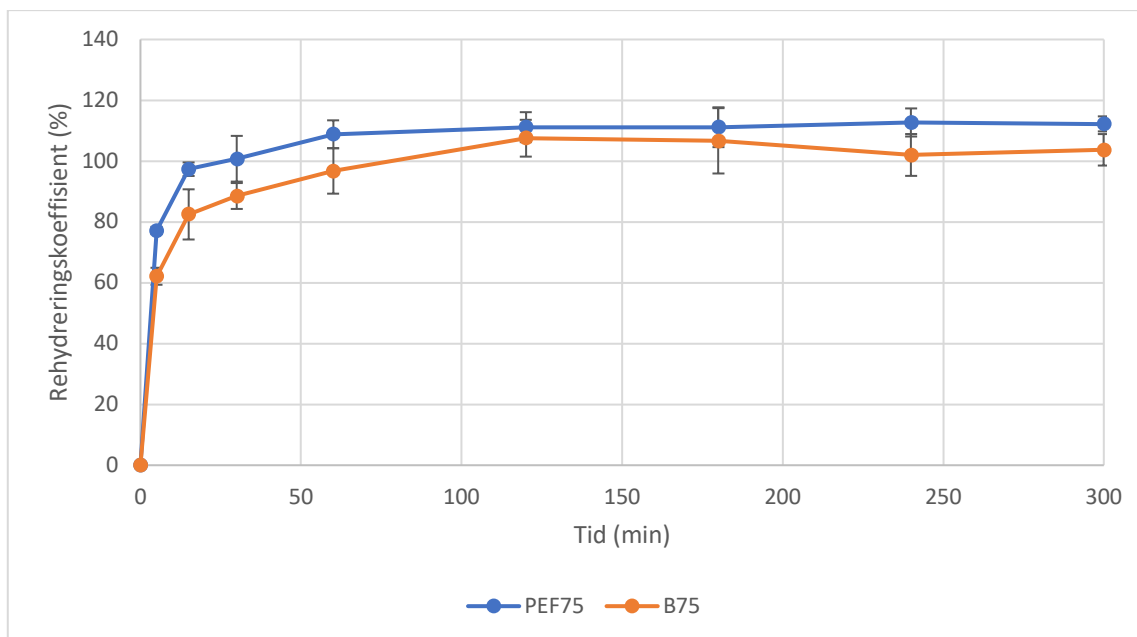
4.2.4 Rehydrering

Resultatene fra rehydreringsforsøket utført på prøvene som var PEF behandlet og/eller blansjert ved 20 °C er vist i Figur 25. Prøvene som kun var blansjert hadde allerede fra start en høyere rehydreringskoeffisient (RC) enn prøvene som var PEF behandlet i tillegg. Resultatene viser at det var en bratt økning i RC-verdier de første 30 minuttene, og videre frem til 180 minutter for blansjeringsprøvene og 240 minutter for PEF prøvene var det en gradvis økning. Videre økte ikke RC-verdiene.



Figur 25 Rehydreringskoeffisienter underveis i rehydreringen av prøvene som var PEF behandlet og/eller blansjert ved 20 °C. Verdiene er gjennomsnittet va 3 biologiske paralleller.

Resultatene fra prøvene som var PEF behandlet og/eller blansjert ved 75 °C er vist i Figur 26. Prøvene som var PEF behandlet hadde noe høyere RC verdier underveis enn prøvene som kun var blansjert, men med standardavvikene i betraktning var forskjellen eventuelt minimal. Også for disse prøvene var den en bratt økning i RC verdier de første 60 minuttene. Videre økte ikke RC verdiene.



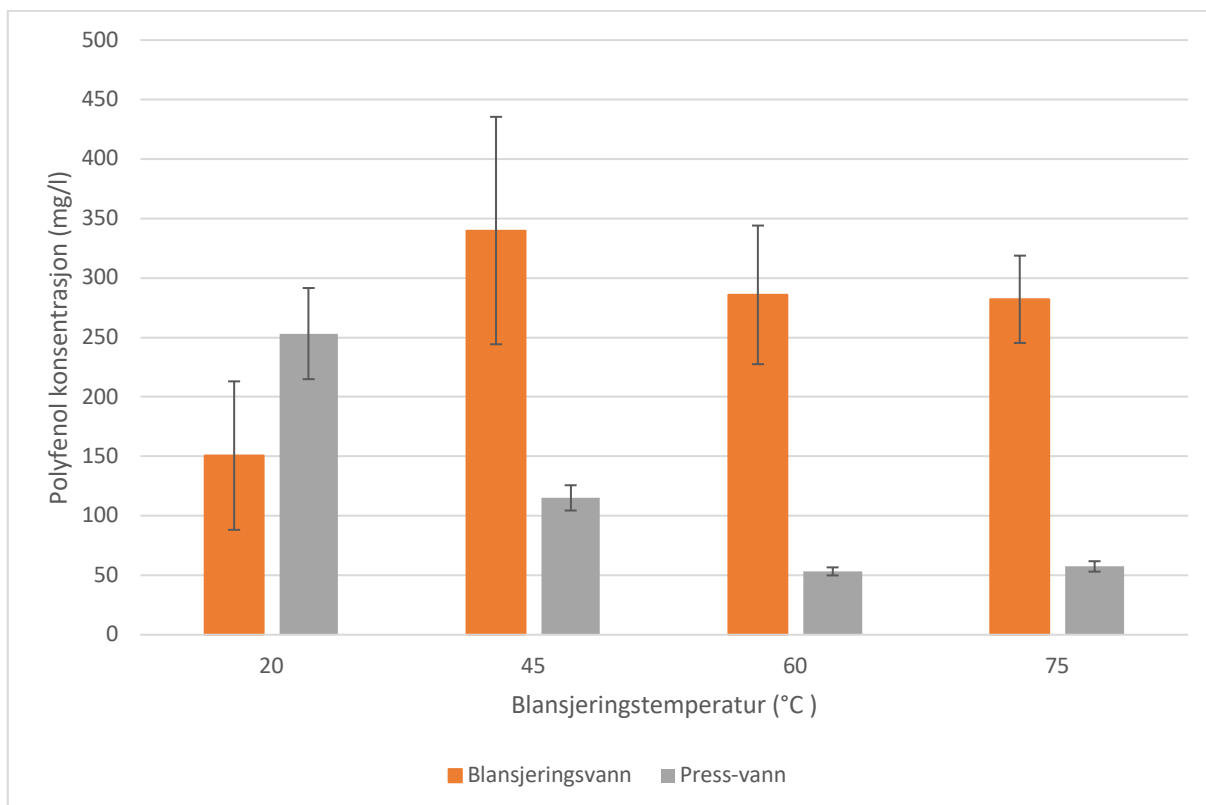
Figur 26 Rehydreringskoeffisienter underveis i rehydreringen av prøvene som var PEF behandlet og/eller blansjert ved 75 °C. Verdiene er gjennomsnittet va 3 biologiske paralleller.

Flere av RC verdiene både ved 20 og 75 °C er høyere enn 100 %. Dette betyr at de tørkede prøvene skal ha tatt til seg mer vann enn det opprinnelig var i den ferske prøven, noe som er usannsynlig. At resultatene fra forsøket ikke ble over 100 % kan skyldes metoden som ble brukt. Metoden var selvoppfunnet og ikke testet på forhånd. Bruken av tefilter fungerte greit under selve rehydreringen i vann, men var ikke optimalt under avrenning. Det var fortsatt store mengder vann igjen inne i tefilterene etter 2 minutter avrenning på sil, som ikke rant ut på grunn av for tett filter. Dette førte til kunstig høye RC-verdier i hele forsøket. Det førte i tillegg til usikkerhet hver gang vekten av prøvene skulle måles, da det rant ut varierende mengder vann ved håndtering av prøvene. Som erstatning for tefilter, kunne det vært mer optimalt og bruke beholdere av stål e.l. med hull for drenering, for å bedre kunne sørge for at alt restvannet får renne ut. Det kan også være en fordel å bruke noe som gir bedre plass til taren, slik at vann ikke kan samles mellom tarebitene. Det kan for eksempel fungere bedre med en form for sil, som er beregnet for avrenning av vann.

Til tross for enkelte metodiske svakheter antyder resultatene at taren effektivt tar til seg vann etter tørking. Dersom dette er tilfeller kan tørket tare egne seg i tørkede matretter som for eksempel supper og turmat, som pakkes i små volum og tilsettes vann før inntak.

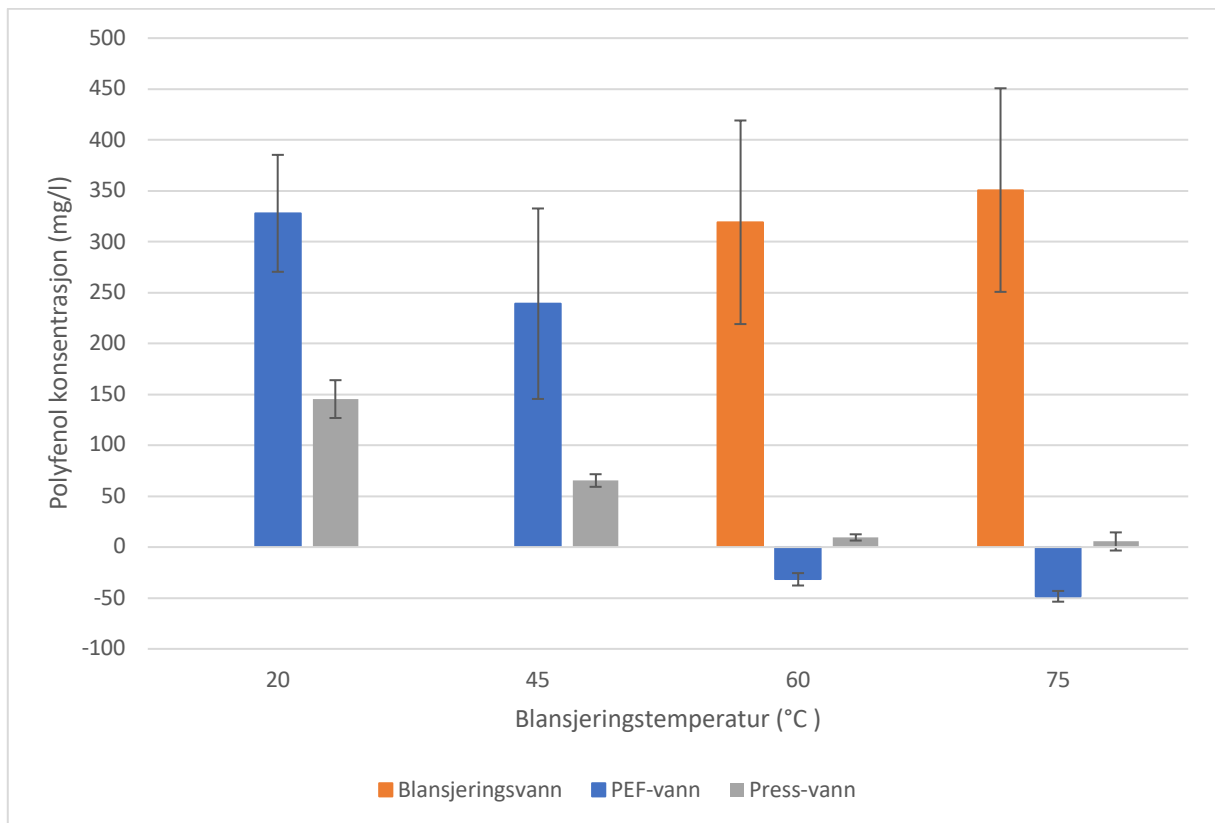
4.2.5 Polyfenoler

Resultatene fra polyfenolanalysen utført på vannprøvene fra taren som kun ble blansjert, er illustrert i Figur 27. Resultatene viste lavest polyfenolkonsentrasjon i blansjeringsvannet etter blansjering ved 20 °C, med en konsentrasjon på $150,6 \pm 62$ mg/l. Resultatene indikerer at økning av blansjeringstemperatur til 45 °C førte til økt reduksjon av polyfenoler, med en konsentrasjon på $339,9 \pm 95$ mg/l. Videre økning av blansjeringstemperatur viste ingen signifikant effekt. Resultatene antyder dermed at polyfenoler i tare er sensitive for varmebehandling, også ved lave temperaturer. Dette samsvarer med resultatene fra en annen studie utført på sukkertare i Canada (Lafeuille et al., 2023, s. 17). Press-vannprøven tatt etter blansjering ved 20 °C inneholdt høyest polyfenolkonsentrasjon sammenlignet med pressvannet etter de andre blansjeringstemperaturene. Dette kan skyldes at blansjeringen ved 20 °C resulterte i lavest utslipp av polyfenoler, og at den mekaniske avvanningen dermed hadde større virkning. Dersom konsentrasjonen fra pressvannet og blansjeringsvannet legges sammen for hver temperatur, og standardavvikene tas med i betraktning, antyder resultatene like stort reduksjon av polyfenoler ved alle blansjeringstemperaturene.



Figur 27 Gjennomsnittlig polyfenolkonsentrasjon i vannprøvene tatt underveis i blansjeringsforsøkene. Press-vann er vannprøvene tatt etter mekanisk avvanning.

Resultatene fra polyfenolanalysen utført på vannprøvene fra taren som var PEF og blansjert, er vist i Figur 28. Vannprøvene i denne analysen er opparbeidet ulikt, og kan dermed ikke direkte sammenlignes. Prøvene som ble PEF behandlet og blansjert ved 60 og 75 °C, ble først blansjert etterfulgt av behandling med PEF i nytt vann (20 °C). Dette resulterte i 2 vannprøver (blansjeringsvann og PEF-vann). Blansjeringsvannprøvene inneholdt høy konsentrasjon polyfenoler, og PEF-vannprøvene inneholdt veldig lave konsentrasjoner, noe som resulterte i negative analyseresultater. Disse resultatene indikerer dermed at behandling med PEF etter blansjering ved 60 eller 75 °C, hadde liten effekt på polyfenolinnholdet. Det kunne derimot vært interessant og undersøkt om behandling med PEF etterfulgt av blansjering, hadde ført til økt utslipp av polyfenoler til blansjeringsvannet. PEF behandling kombinert med blansjering ved 45 °C ble utført i to omganger, ved å kun behandle 250 g tare om gangen, uten å endre vannmengden. Dette førte til at disse vannprøvene var fortynnet dobbelt så mye som de andre. En større mengde vann per gram tare, kan ha påvirket mengden polyfenoler som ble redusert fra taren. Ulike fortynninger er tatt hensyn til i resultatet.



Figur 28 Gjennomsnittlig polyfenolkonsentrasjon i vannprøvene tatt underveis i PEF forsøkene. Prøvene som ble blansjert ved 60 og 75 °C, ble først blansjert etterfulgt av PEF behandling i nytt vann (dermed 2 vannprøver). Ved lavere temperatur ble blansjering og PEF behandling utført samtidig. Press-vann er vannprøve tatt etter mekanisk avvanning.

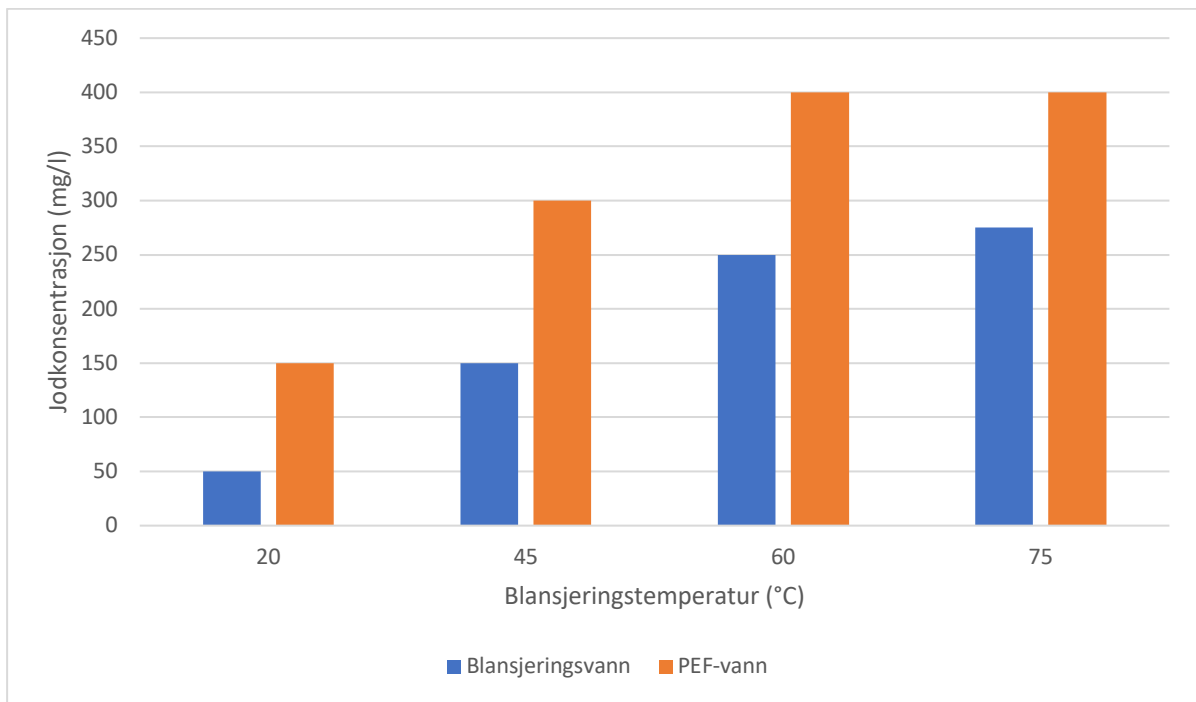
På grunn av ulik opparbeiding av prøvene som var PEF behandlet og blansjert ved 45, 60 og 75 °C, sammenlignet med prøvene som kun var blansjert, er det ikke mulig å direkte sammenligne resultatene fra disse analysene. Prøvene som var PEF behandlet og/eller blansjert ved 20 °C var derimot opparbeidet likt. Resultatene viser (Figur 27 og 28) at vannprøvene fra taren som kun var blansjert ved 20 °C inneholdt $150,6 \pm 62$ mg/l, og at vannprøvene fra taren som var behandlet med PEF inneholdt $327,9 \pm 57$ mg/l. Behandlingen med PEF har dermed ført til økt reduksjon av polyfenoler i taren, sammenlignet med kun blansjering ved 20 °C. Den økte konsentrasjonen kan skyldes at PEF behandlingen har ført til strukturelle endringer i taren, som kan ha resultert i at også polyfenolene som var bundet i celleveggen har blitt frigjort til vannet (Abbas et al., 2017, s. 1692). Resultatene antyder også at behandlingen med PEF ved 20 °C har ført til like stor reduksjon av polyfenoler som kun blansjering ved 45-75 °C.

Det ble analysert for polyfenoler i vannprøvene i dette forsøket fordi det er nyttig å undersøke hvordan ulike prosesseringer påvirker polyfenolinnholdet i tare, med tanke på at dette er komponenter det kan være ønskelig å beholde. Analysene som ble gjort antyder at polyfenoler

generelt er sensitive for prosessering, og at det vil være utfordrende å produsere trygg tare til mat uten å påvirke polyfenol innholdet. En annen tanke med analysen var å undersøke hvordan den strukturelle endringen som skjer ved behandling med PEF, påvirker utslippet av ioner og makromolekyler. Dette med tanke på om en polyfenolanalyse kan fungere som en indikator også for utslipp av andre stoff. En polyfenolanalyse er en relativt rask og billig analyse å utføre, sammenlignet med for eksempel en jodanalyse. Det kunne derfor vært svært nyttig dersom polyfenoler kunne fungert som en indikator for blant annet jod. Resultatene fra dette forsøket antyder at polyfenoler er sensitive for både strukturelle endringer og varmebehandling, og det kan være mulig at de kan fungere som indikator for andre stoff som også er sensitive for dette. Dette må i tilfelle undersøkes videre.

4.2.6 Jodanalyse

Mengden jod redusert fra taren etter PEF behandling og/eller blansjering, er vist i Figur 29. Taren som var PEF behandlet kombinert med blansjering har frigjort mer jod til vannet enn taren som kun ble blansjert, ved alle blansjeringstemperaturene. Resultatene indikerer dermed at behandling med PEF, kombinert med blansjering, kan være en metode som egner seg for å redusere mengden jod i tare. Bruken av PEF for å redusere mengden jod i tare, viste også gode resultater i ett tidligere forsøk utført av Nofima (Blikra et al., 2022, s. 4). Økt blansjeringstemperatur førte også til økt jodkonsentrasjon i vannprøvene fra taren som kun ble blansjert. Resultatene viste derimot ingen forskjell i jodkonsentrasjon for prøvene som var PEF behandlet kombinert med blansjering ved 60 og 75 °C. Dette kan tyde på at det ikke vil være nødvendig med blansjeringstemperatur over 60 °C i kombinasjon med PEF, noe som vil være både kostnads- og energisparende for industrien. Konsentrasjonen i press-vannprøvene er ikke vist i figuren da de ikke var signifikante, men resultatene antydde at lavere konsentrasjoner i blansjering/PEF-vann førte til litt høyere konsentrasjon i press-vannprøvene. Det var derimot ikke forskjell i konsentrasjonen i pressvannet fra de PEF behandlede prøvene og prøvene som kun var blansjert. Konsentrasjonen i press-vannprøvene etter PEF behandling og/eller blansjering ved 20 °C var 45 mg/l, ved 45 °C 30 mg/l, og ved 60 eller 75 °C var konsentrasjonen 15 mg/l.



Figur 29 Sammenligning av jodkonsentrasjonene i PEF vannprøvene og blansjeringsvannprøvene. Ved 60 og 75 °C ble blansjering og PEF behandling utført hver for seg på PEF prøvene, i figuren er konsentrasjonen fra disse vannprøvene lagt sammen.

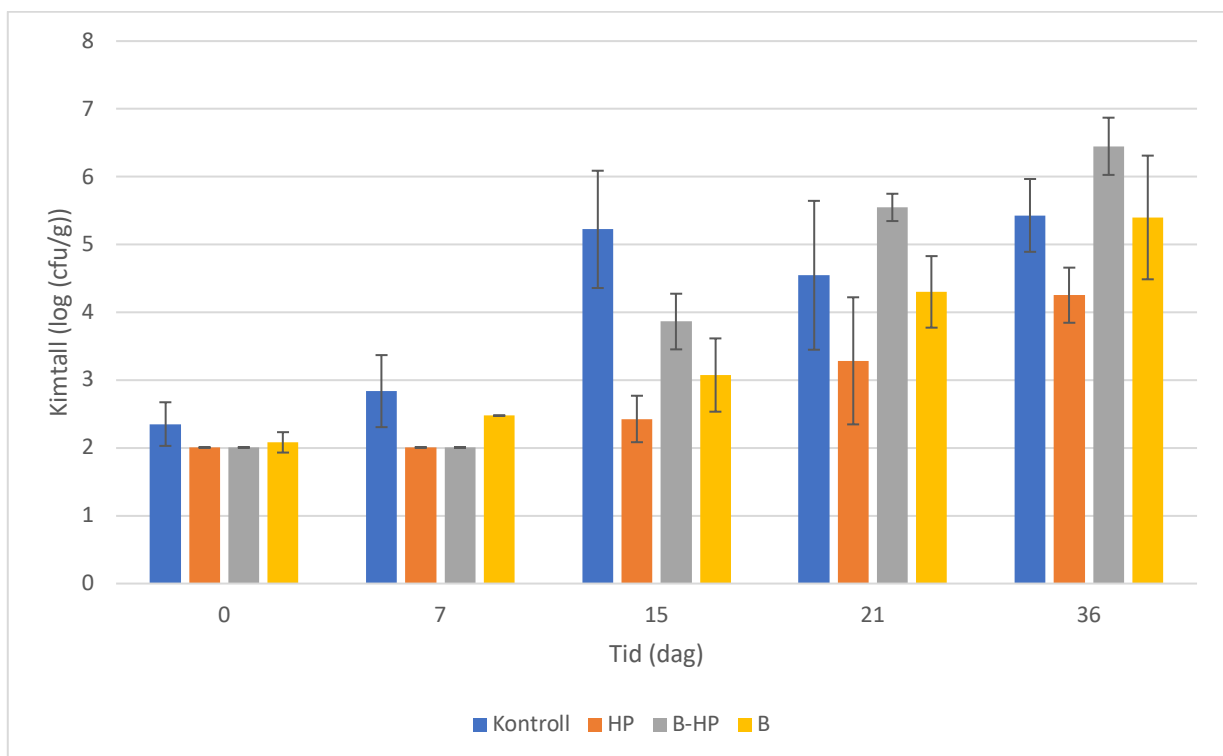
Det er viktig å ta med i betraktning at denne jodanalysen er utført med et kit som opprinnelig er beregnet for undersøkelse av jodkonsentrasjon i akvarievann. Testen er ikke nøyaktig, og er kun utført for å få en indikasjon på om PEF behandling og økt temperatur hadde en effekt på å redusere jodinnholdet i tare. Vannprøver av interesse for Nofima vil bli sendt inn for videre analysering.

4.3 Lagringsforsøk

Resultatene fra lagringsforsøket er vist i Figur 30. Resultatene viser at prøvene etter de ulike behandlingene har god mikrobiologisk kvalitet etter 15 dagers lagring. Kontrollprøvene skiller seg ut med høyere vekst av bakterier. Fra dag 15 er det økt vekst av bakterier i prøvene som var behandlet med blansjering og HPP. Denne veksten akselererer utover i lagringsforsøket og er raskere enn veksten i de andre prøvene, inkludert kontrollprøven. Resultatene kan tyde på at kombinasjonen med blansjering og høytrykk kan ha trigget vekst av bakterier. Det er mest sannsynlig at det er sporedannende bakterier som er trigget. Det ble likevel ikke funnet tilsvarende vekst av sporedannende bakterier på blodagar. PCA mediet som ble brukt til å undersøke kimtall var tilsatt 1 % salt, for å tilpasse mediet for bakterier som kan leve på tare i sjøvann. Blodagarskålene som ble brukt til påvisning av sporer er ikke tilsatt salt. Det er mulig at andre dyrkningsbetingelser kunne ført til mer vekst av

sporedannere. I tillegg ble blodagarskålene inkubert ved 30 °C i motsetning til PCA-skålene, som ble inkubert ved 17 °C. Den lavere temperaturen vil favorisere kultetolerante bakterier, noe som kan være en forklaring på hvorfor vi ikke påviser en økning i sporedannere på blodagarskålene.

Høytrykk alene ser derimot lovende ut, med tanke på å hemme bakterievekst. Etter 36 dager ble resultatet log 4,5 noe som i utgangspunktet er ok med tanke på mattrygghetskriterier, dersom en kun tar utgangspunkt i resultatene fra denne mikrobiologi analysen, og ikke andre kvalitetsparameter (Næringsmiddelhygieneforskriften, 2009).



Figur 30 Utvikling av aerobe kimtall på fersksukkertare behandlet med ulike prosesseringer før lagring i opp til 36 dager på kjøll (4 °C). Det ble gjort 5 uttak underveis i lagringsforsøket (dag 0, 7, 15, 21 og 36). Kontroll prøvene er fersk ubehandlet tare, HP er høytrykksprosessert tare, B er blansjert (75 °C) tare og B-HP er blansjert og høytrykksprosessert tare.

5. Konklusjon

Det er nødvendig å utvikle metoder for prosessering av tare, for å kunne sikre trygge matprodukter. Behandling med PEF hadde i dette forsøket effekt på dehydreringen av den opptinte, ved blansjeringstemperatur på 20 °C. På den ferske taren ble det ikke dokumentert signifikant effekt av PEF behandlingen ved noen temperaturer. Økt blansjeringstemperatur alene antydte derimot å ha noe effekt på tørkingen, ved økning fra 20 til 45 °C og fra 45 til 75 °C. Polyfenolene i taren var sensitive for både varmebehandling og strukturelle endringer etter PEF behandling og frysing. Resultatene fra hovedforsøket antydte at polyfenolinnholdet i taren ble påvirket i samme grad av alle behandlingsmåtene, bortsett fra blansjering ved 20 °C. Frysing og opptining av taren i forforsøket resulterte i reduksjon av polyfenoler allerede ved opptining. Resultatene fra jodanalysen indikerte at behandling med PEF hadde god effekt på reduksjon av jod, ved alle blansjeringstemperaturene, men at blansjeringstemperatur over 60 °C ikke var nødvendig. Behandling med HPP virker lovende for å hemme bakterievekst og forlenge holdbarheten på fersk tare. Kombinasjonen av blansjering og HPP, antydte derimot å kunne trigge vekst av bakterier.

Studiet har ført til interessante resultater, med tanke på bruken av PEF, blansjering og HPP som prosesseringsteknologier. Bruken av PEF for å redusere mengden jod i taren, antyder å være svært effektivt, og bør undersøkes nærmere med mer nøyaktige analysemetoder. Resultatene fra lagringsstudiet er interessante og bør følges opp med ytterligere studier hvor en ser nærmere på kombinasjonen av blansjering og HPP.

6. Referanser

- Abbas, M., Saeed, F., Anjum, F. M., Afzaal, M., Tufail, T., Bashir, M. S., . . . Suleria, H. A. R. (2017). Natural polyphenols: An overview. *International Journal of Food Properties*, 20(8), 1689-1699.
- Andersson, M., De Benoist, B., Darnton-Hill, I. & Delange, F. (2007). *Iodine deficiency in Europe: a continuing public health problem*. World Health Organization Geneva.
- Barba, F. J., Parniakov, O., Pereira, S. A., Wiktor, A., Grimi, N., Boussetta, N., . . . Witrowa-Rajchert, D. (2015). Current applications and new opportunities for the use of pulsed electric fields in food science and industry. *Food research international*, 77, 773-798.
- Bekkby, T., Eikrem, W. & Walday, M. (2012). Økosystemtjenester i Nordsjøen–regulerende og støttende økosystemtjenester diskutert gjennom tre naturtyper. I. Note from NIVA to Klif.
- Blikra, M. J., Skipnes, D., Noriega Fernández, E. & Skåra, T. (2020). *Utfordringer knyttet til prosessering og analyse av norsk tare, med fokus på sukkertare og butare* (978-82-8296-651-1). Nofima AS.
- Blikra, M. J., Skipnes, D. & Skåra, T. (2022). On the use of pulsed electric field technology as a pretreatment to reduce the content of potentially toxic elements in dried *Saccharina latissima*. *LWT*, 169, 114033.
- Brown, E. M., Allsopp, P. J., Magee, P. J., Gill, C. I., Nitecki, S., Strain, C. R. & McSorley, E. M. (2014). Seaweed and human health. *Nutrition reviews*, 72(3), 205-216.
- Castejón, N., Thorarinsdóttir, K. A., Einarsdóttir, R., Kristbergsson, K. & Marteinsdóttir, G. (2021). Exploring the potential of icelandic seaweeds extracts produced by aqueous pulsed electric fields-assisted extraction for cosmetic applications. *Marine Drugs*, 19(12), 662.
- Chirife, J. F., Anthony. (2020). Introduction: Historical highlights of water activity research. I *Water activity in foods : fundamentals and applications* (Second edition. utg., s. 1-12). Wiley.
- Considine, K. M., Kelly, A. L., Fitzgerald, G. F., Hill, C. & Sleator, R. D. (2008). High-pressure processing - effects on microbial food safety and food quality. *FEMS Microbiol Lett*, 281(1), 1-9. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2008.01084.x>
- De Corcuera, J. I. R., Cavalieri, R. P. & Powers, J. R. (2004). Blanching of foods. *Encyclopedia of agri, food and biological engineering*. Marcel Dekker, New York City, NY, USA, 1-5.

- del Olmo, A., Picon, A. & Nuñez, M. (2020). Preservation of five edible seaweeds by high pressure processing: Effect on microbiota, shelf life, colour, texture and antioxidant capacity. *Algal research*, 49, 101938.
- FN-sambandet. (2023a, 11.01.2023). *Befolkning, migrasjon og urbanisering*. FN-sambandet. Hentet 01.05.2023 fra <https://www.fn.no/tema/fattigdom/befolkning>
- FN-sambandet. (2023b, 02.02.2023). *Stoppe klimaendringene*. FN-sambandet. Hentet 01.05.2023 fra <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/stoppe-klimaendringene>
- Forage, N. (2023). *Sukkertare*. <https://nordicforage.com/2021/01/21/sukkertare/>
- Hogstad, S., Licht Cederberg, D., Eriksen, H., Kollander, B., Ólafsson, G. & Mikkelsen, B. (2023). *A Nordic approach to food safety risk management of seaweed for use as food: Current status and basis for future work*. Nordic Council of Ministers.
- Huang, H.-W., Wu, S.-J., Lu, J.-K., Shyu, Y.-T. & Wang, C.-Y. (2017). Current status and future trends of high-pressure processing in food industry. *Food control*, 72, 1-8.
- Indergaard, M. (2010). *Tang og tare - i hovedsak norske brunalger: Forekomster, forskning og anvendelse*.
- Jordbrekk Blikra, M., Wang, X., James, P. & Skipnes, D. (2021). *Saccharina latissima Cultivated in Northern Norway: Reduction of Potentially Toxic Elements during Processing in Relation to Cultivation Depth*. *Foods*, 10(6), 18. <https://doi.org/10.3390/foods10061290>
- Kumar, Y., Patel, K. K. & Kumar, V. (2015). Pulsed electric field processing in food technology. *International Journal of Engineering Studies and Technical Approach*, 1(2), 6-17.
- Lafeuille, B., Tamigneaux, É., Berger, K., Provencher, V. & Beaulieu, L. (2023). Variation of the Nutritional Composition and Bioactive Potential in Edible Macroalga *Saccharina latissima* Cultivated from Atlantic Canada Subjected to Different Growth and Processing Conditions. *Foods*, 12(8), 21.
- Li, D., Zhu, Z. & Sun, D.-W. (2018). Effects of freezing on cell structure of fresh cellular food materials: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 75, 46-55.
- Lock, E.-J., Sanden, M., Frøyland, L., Haugan, P. & Strand, Ø. (2022). Hva betyr klimaendringer for fremtidens mat fra havet? *Naturen*, 146(6), 284-290. <https://doi.org/10.18261/naturen.146.6.7>
- Lomartire, S., Marques, J. C. & Gonçalves, A. M. (2021). An overview to the health benefits of seaweeds consumption. *Marine Drugs*, 19(6), 341.

- Luengo, E., Condón-Abanto, S., Álvarez, I. & Raso, J. (2014). Effect of Pulsed Electric Field Treatments on Permeabilization and Extraction of Pigments from *Chlorella vulgaris*. *J Membr Biol*, 247(12), 1269-1277. <https://doi.org/10.1007/s00232-014-9688-2>
- Løvdal, T., Lunestad, B. T., Myrmel, M., Rosnes, J. T. & Skipnes, D. (2021). Microbiological food safety of seaweeds. *Foods*, 10(11), 22.
- Moy, F. & Kroglung, T. (2006). *Sukkertare Saccharina latissima*.
- Nerin, C., Aznar, M. & Carrizo, D. (2016). Food contamination during food process. *Trends in Food Science & Technology*, 48, 63-68.
- Nielsen, C. W., Holdt, S. L., Sloth, J. J., Marinho, G. S., Sæther, M., Funderud, J. & Rustad, T. (2020). Reducing the high iodine content of *Saccharina latissima* and improving the profile of other valuable compounds by water blanching. *Foods*, 9(5), 569.
- Næringsmiddelhygieneforskriften. (2009). *Hygienekriterier for prosessen* Lovdata.
- Ostermeier, R., Parniakov, O., Töpfl, S. & Jäger, H. (2020). Applicability of pulsed electric field (PEF) pre-treatment for a convective two-step drying process. *Foods*, 9(4), 20.
- Ray, B. & Bhunia, A. (2007). *Fundamental food microbiology*. CRC press.
- Rueness, J. & Knispel, A. (1998). *Alger i farger : en felthåndbok om kystens makroalger*. Almater forl.
- Singleton, V. L., Orthofer, R. & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. I *Methods in enzymology* (Bd. 299, s. 152-178). Elsevier.
- Skjermo, J. (2016). Havet som ressurs - fremtidig potensiale i dyrking av tang og tare. *Praktisk økonomi og finans*, 32(3), 265-273. <https://doi.org/10.18261/issn.1504-2871-2016-03-05>
- Steele, R. (2004). *Understanding and measuring the shelf-life of food*. Woodhead Publishing.
- Sumandiarsa, I. K., Hamida, N., Santoso, J. & Tarman, K. (2022). Antioxidant activities from different parts of *Sargassum polycystum* thalli through ultrasound-assisted extraction (UAE) method. *Omni-Akuatika*, 18(2), 79-89.
- Troller, J. (2012). *Water activity and food*. Elsevier.
- Xiao, H.-W., Pan, Z., Deng, L.-Z., El-Mashad, H. M., Yang, X.-H., Mujumdar, A. S., . . . Zhang, Q. (2017). Recent developments and trends in thermal blanching—A comprehensive review. *Information processing in agriculture*, 4(2), 101-127.

Zhang, L., Liao, W., Huang, Y., Wen, Y., Chu, Y. & Zhao, C. (2022). Global seaweed farming and processing in the past 20 years. *Food Production, Processing and Nutrition*, 4(1), 23.