

# **Økt utnyttelse av plommer, søtkirsebær og bringebær med høytrykksprosessering**

Maria Befring Hovda, Eivind Vangdal og Tone Mari Rode





Nofima er et næringsrettet forskningsinstitutt som driver forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien.

Nofima har om lag 400 ansatte.

Hovedkontoret er i Tromsø, og forskningsvirksomheten foregår på seks ulike steder: Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra, Averøy og Tromsø

**Hovedkontor Tromsø:**

Muninbakken 9–13  
Postboks 6122  
NO-9291 Tromsø

**Ås:**

Osloveien 1  
Postboks 210  
NO-1431 ÅS

**Stavanger:**

Måltidets hus, Richard Johnsensgate 4  
Postboks 8034  
NO-4068 Stavanger

**Bergen:**

Kjerreidviken 16  
NO-5141 Fyllingsdalen

**Sunndalsøra:**

Sjølseng  
NO-6600 Sunndalsøra

**Averøy:**

Ekkilsøy  
NO-6530 Averøy

**Felles kontaktinformasjon:**

Tlf: 02140

Faks: 64 94 33 14

E-post: [post@nofima.no](mailto:post@nofima.no)

Internett: [www.nofima.no](http://www.nofima.no)

**Foretaksnr.:**

**NO 989 278 835 MVA**

# Rapport

# Rapport

ISBN: 978-82-8296-187-5 (trykt)

ISBN: 978-82-8296-188-2 (pdf)

ISSN 1890-579X

Tittel:

Økt utnyttelse av plommer, søtkirsebær og bringebær med høytrykksprosessering

Forfatter(e)/Prosjektleder:

Maria Befring Hovda, Eivind Vangdal og Tone Mari Rode

Avdeling:

Prosessteknologi

Oppdragsgiver:

Regionalt Forskningsfond Vest

Stikkord:

Høytrykksprosessering, frukt, bær, bringebær

Sammendrag:

I Norge er det et mål å øke forbruket av frukt, bær og grønnsaker. Ved økt produksjon av disse, vil man i høysesongen kunne få en høyere produksjon enn det som blir solgt for fersk konsum. Høytrykksprosessering (HP) kan benyttes til å lage høykvalitetsprodukter av disse overskuddsråvarene. Denne typen høykvalitetsprodukter, basert på norske frukt- og bær-produkter, vil kunne ha stort potensiale da norske råvarer oppleves som ferske, sunne og gode.

Høytrykksbehandling av mat kan benyttes for å oppnå produkter med forbedret kvalitet, lengre holdbarhet og økt mattrygghet. Maten blir også sunnere og friskere da næringsstoffene blir bedre bevart enn ved varmebehandling.

I dette forprosjektet har det vært arbeidet med bringebær og plommer. Forsøk med høytrykksprosessering av bringebærjuice, mos og hele bær ble utført. Resultatene viste at prøver behandlet med HP har en betydelig lenger holdbarhet sammenlignet med kontrollprøver. Juiceprøver lagret i 97 dager viste svært lav bakteriell vekst, og analyse av sukker og syreinnhold viste at trykk hadde liten innvirkning på viktige smakskomponenter.

English summary:

Norwegian fruits and berries have an unused potential. During the peak season, there is a higher production than is being sold for fresh consumption. High pressure processing (HPP) can be used for making high quality products from the excess production.

HPP of foods can be used to increase the quality and shelf life of foods. The food will also be healthier and fresher as the nutrients will be better preserved in HPP than by heat treatment.

In this project the focus has been on high pressure processing of raspberries and plums. Studies on raspberry juice, purée and whole berries showed a considerably longer shelf life compared to control samples. Analysis of sugar and acid content indicated that HPP had low impact on important flavouring components.

Rapportnr.:

20/2014

Tilgjengelighet:

Åpen

Dato:

4. april 2014

Ant. sider og vedlegg:

24

Oppdragsgivers ref.:

224853

Prosjektnr.:

10417

# Innhold

<b>1</b>	<b>Bakgrunn .....</b>	<b>1</b>
1.1	Råvare.....	1
1.2	Produkt .....	1
<b>2</b>	<b>Høytrykksprosessering av mat.....</b>	<b>3</b>
2.1	Bruk og anvendelse av høytrykk.....	3
1.1.1	Fordeler og utfordringer med HP .....	5
2.2	Anvendelse av HP på ulike matprodukter/kategorier .....	5
2.3	Emballasje.....	6
2.4	Høytrykksutstyret til Nofima i Stavanger .....	6
2.5	Effekter av HP på frukt, bær og grønnsaker .....	7
2.5.1	Enzymaktivitet .....	7
2.5.2	Sensorisk kvalitet .....	8
2.6	Mattrygghet og mikrobiologi.....	9
2.7	Metodens muligheter .....	10
2.7.1	Nye produkter .....	10
2.7.2	Økt ressursutnyttelse .....	11
2.7.3	Mulighet for fjerning av stein .....	11
2.7.4	Prosesseringsvariable .....	11
2.7.5	Kombinasjon av HP og andre metoder.....	12
2.8	Bruk i forbindelse med bær og frukt .....	12
2.9	Utfordringer.....	13
2.9.1	Produksjonskostnad .....	13
2.9.2	Markedspotensial .....	14
<b>3</b>	<b>Modellprodukter.....</b>	<b>15</b>
3.1	Bringebær som modell .....	15
3.2	Prosessering og forsøksoppsett .....	15
3.2.1	Analyser og resultater – bringebærjuice og -mos .....	16
3.2.2	Bringebær i lake.....	19
3.3	Plommer som modell .....	20
<b>4</b>	<b>Konklusjon .....</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>23</b>

# 1 Bakgrunn

## 1.1 Råvare

Det er god dokumentasjon på at frukt- og grønnsakprodukter har en positiv virkning på helsen. I Norge er det et mål å øke forbruket av frukt og bær, og dette vil en stimulere til gjennom kampanjer som «5 om dagen».

For å få oss alle til å spise fem frukt- og grønnsakprodukter om dagen, kreves det tiltalende og velsmakende produkter. I tillegg til at mange frukt, bær og grønnsaker kan spises som de er eller minimalt prosesserte, er det stor interesse for ulike typer prosesserte produkter baserte på frukt og grønt. Ikke minst er det stor interesse for drikkevarer. Fersk juice av frukt, bær eller grønnsaker kan være både en og to av de fem porsjonene om dagen.

## 1.2 Produkt

### Juice

Juice har vært et viktig produkt for norske forbrukere lenge. Appelsinjuice på kartong ble introdusert for over 50 år siden. Appelsinjuice, tomatjuice og eplejuice har vært dominerende. Dette har i stor grad vært klar juice basert på konsentrat.

I de senere årene har en i tillegg til juice med innblanding av alle slags frukter, bær og grønnsaker, fått ufiltrerte typer med mye frukt- eller bærkjøtt. Disse ferskpressede juicene er ofte på flasker, og pasteuriserte for å være holdbare.

Pasteurisering gir en spesiell «kokt» smak, og det er av interesse å finne alternative måter å gjøre de frukt- og bærbaserte produktene holdbare. Høytrykksprosessering er interessant i dette tilfellet. Den amerikanske produsenten BluePrint Juice® ([blueprintjuice.com](http://blueprintjuice.com)) reklamerer med «We don't cook juice!». At produktet er upasteurisert, blir brukt som noe positivt i markedsføringen. I tillegg er denne juicen økologisk, glutenfri og uten GMO.

### Andre drikkevarer

Svovel er også mye benyttet for å gjøre produkter mer holdbare. Dette er en helt dominerende metode i vinproduksjon, men her blir også høytrykkbehandling prøvd som et alternativ. Målet er å lage en svoveldioksid-fri vin. Resultatene er lovende, og vinen får et «lagret preg» (Santos *et al.*, 2013).

### Andre flytende, semiflytende eller faste produkter

Det er et vidt spekter av produkter fra ren juice til ubehandlede frukter og bær til friskkonsum. Det kan være homogene flytende produkt som sirup og sauser, via puréer til produkter med større eller mindre biter av råvare. Disse kan brukes i desserter (som hovedkomponent eller som smakstilsetning) eller som tilbehør til annen mat (f.eks. chutney eller syltetøy).

Når frukt og bær blir moset, oppstår mange enzymatiske prosesser. Mange av disse er det ønskelig å stoppe. Det gjelder nedbrytning av rødfarge i puréer og syltetøy av røde bær. Det er gjort en rekke forsøk med høytrykksprosessering av jordbærprodukter som viser at de beholder fargen bedre og brunfargingen, som en får på grunn av oksydering av fenolkomponenter, blir hemmet. Behandling

med moderate trykk reduserte aktiviteten av polyfenoloksidase i jordbærpuré (Sulaiman & Silva, 2013).

Ei spansk forskningsgruppe har arbeidet med høytrykksprosessering av puré av søtkirsebær (Garcia-Parra, 2013). Sammenlignet med varmebehandling hadde høytrykksproduktene bedre næringsinnhold og bedre farge. Men det er grunn til å merke seg at det var forskjell mellom de to sortene som var med i forsøkene.

Mange frukter blir delt opp og gjort holdbare med varme, vakuum eller behandling med antioksidanter. Det er gjort vellykkede forsøk med høytrykksbehandling av delte nektariner. Høytrykkbehandling av nektarinbiter kan være et alternativ selv om det blir noe farge og konsistensendringer av trykkbehandlingene med de høyeste trykkene (Miguel-Pintado *et al.*, 2013). Nektariner står botanisk sett nær de norske plommene, og nektarinforsøkene tyder på at plommeproduktene kan tåle høyt trykk.

### **Begrunnelse for valg av råvarer**

I dette prosjektet ble det lagt vekt på følgende faktorer da råvarene for forsøkene ble valgt:

- Hvor velegnet er råvarene/produktet for høytrykksprosessering?
- Kan råvarene brukes til ulike typer produkt (fra juice til produkt med frukt/bær-biter)?
- Er produktene interessante i det norske markedet?
- Er nye eller forbedrede produkter interessante for produsenter og forbrukere?

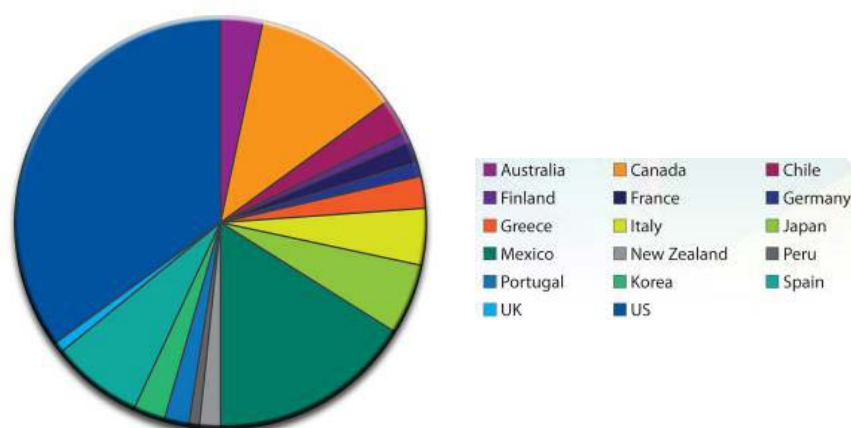
Plommer, søtkirsebær og bringebær oppfyller mange av disse vurderingene. På grunn av tilgang til produkter, er det arbeidet mest med bringebær (jfr. Kap. 3.1), men også et mindre forsøk med plommer er gjennomført.

## 2 Høytrykksprosessering av mat

### 2.1 Bruk og anvendelse av høytrykk

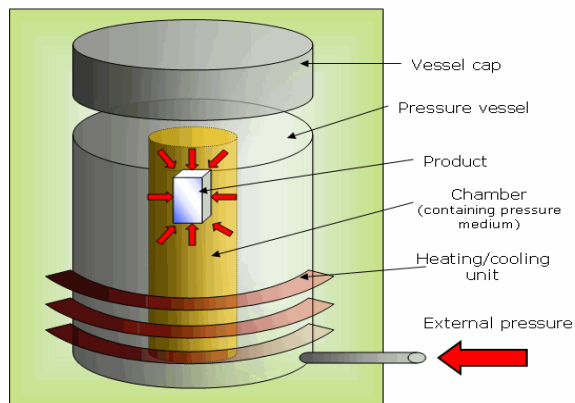
Høytrykk er en teknologi som har vist stort potensial for industriell og skånsom prosessering av mat. Høytrykksprosessering (HP) er en forholdsvis ny teknologi som er lite utviklet og utprøvd i Norge. Per dags dato er det ingen kommersielle anlegg i Skandinavia, men Nofima i Stavanger har et forskningsanlegg. HP som en metode for konservering av mat er i sterk vekst internasjonalt, med en årlig produktomsetning på 2,5 milliarder USD (per 2011). HP benyttes hovedsakelig til å forlenge holdbarhet og/eller inaktivere mikroorganismer. HP brukes også til å konservere en rekke ulike produkter innen segmentene juice, ferdigretter, salater, påleggskjøtt, puréer og posteier.

Bruk av høytrykk for drap av bakterier ble benyttet allerede på slutten av 1800-tallet, og amerikaneren Bert Hite (1899) var den første til å benytte høytrykk på mat for pasteurisering av melk, frukt og grønnsaker (Knorr, 1995). Bruk av høyt trykk som teknologi for konservering av mat var lite benyttet i mange år, selv om det i 1960 og 70-årene var noe forskning på trykk og bakteriesporer. Først i 1980-årene ble forskning innen feltet høytrykk og mat gjenopptatt, og i 1991 ble de første kommersielle produktene tilgjengelige i Japan, produsert av Meidy-ya (Bermudez-Aguirre & Barbosa-Canovas, 2011). De siste to tiårene har interessen for høytrykksprosessert mat vært sterkt økende. Utstyr for høytrykksprosessering er i bruk i en rekke land, Figur 1.



Figur 1 Bruk av høytrykksprosessering i ulike land pr. juni 2009 (Rogers & Avure, 2010).

Ved HP plasseres produktet i en stålbeholder med vann. Når beholderen er full, blir mer vann presset inn og det høye trykket blir skapt (se Figur 2). Trykket overføres umiddelbart og gir en homogen effekt i hele produktet uavhengig av geometri og størrelse. Ved standard kommersiell bruk av høytrykk skjer prosessering vanligvis ved 400–600 MPa i 1–5 min. Tabell 1 viser enhetene som brukes for trykk. Ved høyt trykk vil en også få økt temperatur som en følge av adiabatisk oppvarming. Generelt oppnås en økning på ca. 3 °C/100 MPa. Men dersom produktet inneholder store mengder fett kan økningen være på 7–9 °C/100 MPa.



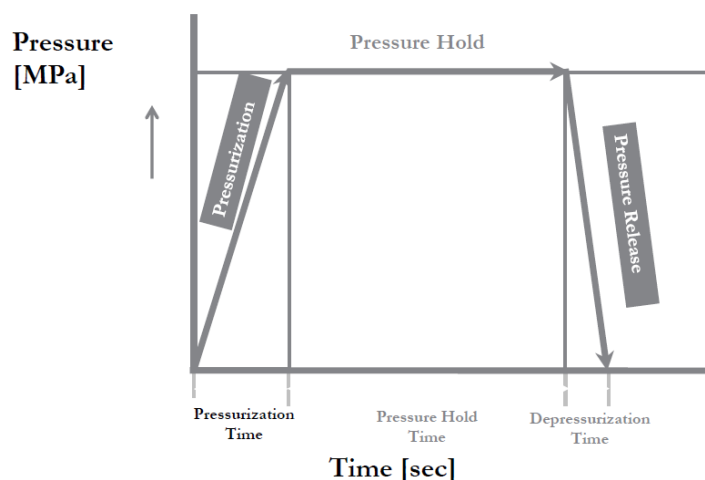
Figur 2 Skjematisk tegning av høytrykksprosesseringsutstyr.

Høytrykksbehandling av mat kan benyttes for å oppnå produkter med forbedret kvalitet (tekstur av sauser, supper og yoghurt), lengre holdbarhet (guacamole, bønner, juice og kjøtt), økt mattrygghet (spekepølse, kjøttpålegg, røkt laks og kylling), sunnere og friskere mat (næringsstoffene blir godt bevart) og/eller økt ressursutnyttelse (enklere prosessering og økt utbytte fra skjell og skalldyr).

Tabell 1 Omregning av ulike enheter for trykk. Megapascal (MPa,  $N/m^2$ ) eller bar benyttes hovedsakelig, og MPa er SI enhet for trykk.

	Atmosphere	Bar	kg/cm <sup>2</sup>	MPa	P.S.I. (pounds/inch <sup>2</sup> )
Atmosphere	1	0.987	0.968	9.901	0.068
Bar	1.013	1	0.981	10.000	0.069
kg/cm <sup>2</sup>	1.033	1.021	1	10.228	0.070
MPa	0.101	0.1	0.098	1	0.00689
P.S.I.	14.696	14.504	14.223	145.038	1

For å bygge opp et trykk på flere hundre MPa, tar det ofte noe tid. For nyere maskiner kan det bety rundt 2 minutter for å komme opp på 600 MPa. Slipp av trykk skjer derimot i løpet av 1–2 sekunder (Figur 3). Et eksempel på kommersielt utstyr for høytrykksprosessering kan sees i Figur 4.



Figur 3 Skjematisk fremstilling av en høytrykksprosess hvor trykket bygges opp, holdes og frigis.





Figur 4 Eksempel på kommersielt utstyr for høytrykksprosessering. Kapasitet 135 liter pr kjøring (Hiperbaric.com).

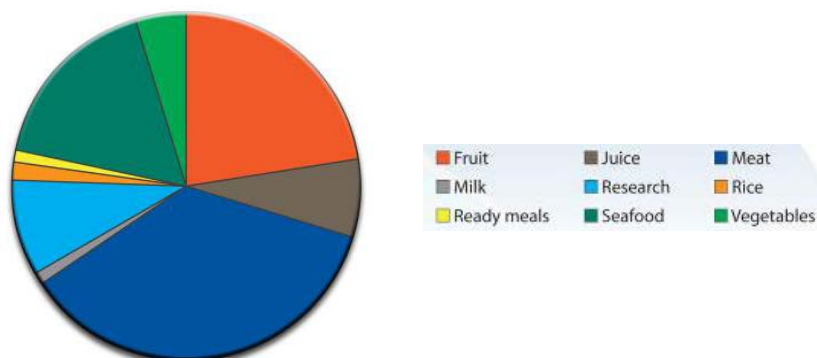
### 1.1.1 Fordeler og utfordringer med HP

Fordeler med HP er at det muliggjør prosessering ved romtemperatur. Prosessen kan i tillegg kombineres med høy eller mild varmebelastning. Trykket overføres umiddelbart til hele produktet uavhengig av geometri og størrelse, slik at en kan oppnå mikrobiell inaktivering i hele produktet, samtidig som lavmolekylære forbindelser som vitaminer, peptider og sakkarider vil være upåvirket av behandlingen. Prosessen kan gi endringer i større molekyler og dermed gi forandringer i tekstur og smak. Dette kan åpne for innovasjon av nye produkter som ikke er teknisk mulig å fremstille med tradisjonell prosessering som varmebehandling. I tillegg får en redusert energiforbruk sammenlignet med tradisjonelle konserveringsmetoder, som varmebehandling.

Ulike produkter er i ulik grad egnet for konservering ved bruk av høyt trykk. Utfordringen er å finne det optimale skjæringspunkt hvor matsikkerheten er ivarettatt, og man oppnår produkter av god sensorisk kvalitet.

## 2.2 Anvendelse av HP på ulike matprodukter/kategorier

HP er en teknologi som kan benyttes for industriell skånsom prosessering av mat. HP brukes i økende grad for å konservere matvarer, og egner seg både for flytende og faste produkter. Prosessen er godt egnet for varme-sensitive produkter og produkter med lav pH (mye syre). Mange HP-produkter er tilgjengelig på det europeiske og amerikanske markedet som fruktjuice, ferdigretter, salater, påleggskjøtt, puréer og posteier. Figur 5 viser fordelingen av HP innen ulike produktgrupper.



Figur 5 Anvendelse av høytrykk på ulike produktkategorier (Rogers & Avure, 2010).

Hovedsakelig benyttes HP for å forlenge holdbarhet og/eller inaktivere patogene mikroorganismer. HP benyttes ofte på et utvalg av produkter som selges som høykvalitetsprodukter hvor nettopp bruken av denne skånsomme prosesseringen benyttes som et salgsgargument. Fokus er på matsikkerhet og at produktene er rene, naturlige (ikke tilsetningsstoffer) og sunne. Figur 6 viser et utvalg av kommersielt tilgjengelige produkter som er høytrykksbehandlet. Juiceen *Flyt* fra Sunniva Drikker/Fellesjuice er det første HP-produktet som ble lansert på det norske markedet (februar 2012), men ble trukket fra markedet etter ett år.



Figur 6 Eksempler på kommersielle HP produkter.

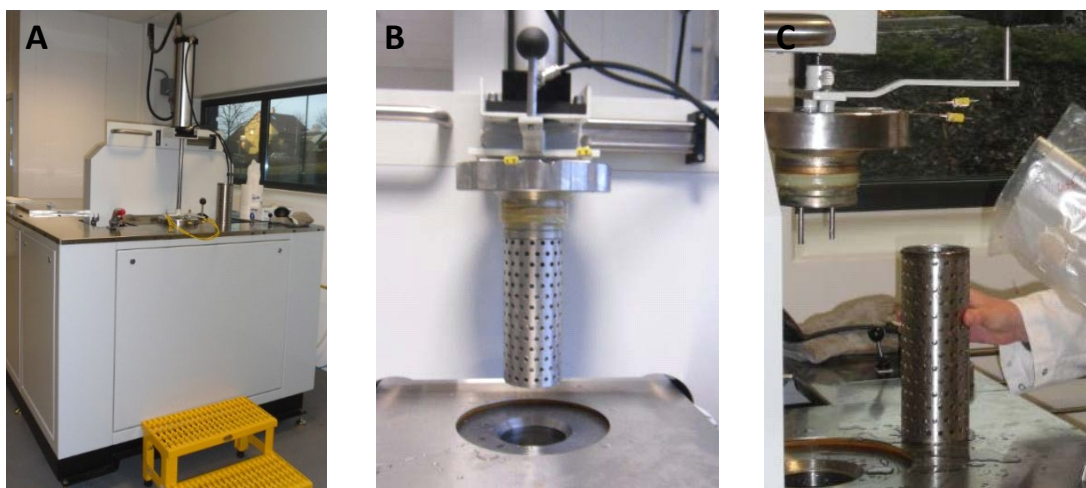
Produkter som skal HP behandles må ikke ha indre luftlommer (eksempelvis hele jordbær og marshmallows) eller inneholde luft, men slike produkter kan likevel høytrykksprosesserer dersom produktet ligger i væske. Produktene må også inneholde vann. Sistnevnte er viktig da tørre produkter ikke har nok fuktighet til å gjøre HP effektiv for å inaktivere mikroorganismer. Produkter med lavt syreinnhold (høy eller nøytral pH) må lagres kjølig på grunn av fare for sporevekst. Ved kombinasjon med andre prosesser, som varme, kan sporer drepes.

## 2.3 Emballasje

Når matprodukter blir utsatt for ekstreme trykk, minker volumet som følge av det trykket som blir påført (korresponderer til kompressibiliteten til produktet). En tilsvarende ekspansjon forekommer når trykket slippes. Det er derfor helt nødvendig at maten pakkes i lufttett forpakning som kan motstå volumendringer. Emballasjen må tåle en reduksjon i volum på opptil 15 %, og videre kunne gå tilbake til sin opprinnelige form og størrelse uten endret forsegling eller barriereegenskaper. Sous vide-posere og PET-flasker er godt egnet som HP-emballasje. Glass og metall (hermetikk) er uegnet, men metallfolie som en finner i ulike tuber er egnet. Uansett pakkemateriale er det viktig å ha minst mulig luftrom i pakningen. Egen emballasje som er ugjennomtrengelig for oksygen og ugjennomsiktig for lys er blitt utviklet for å beholde ferskest mulig farge og smak på visse HP-produkter.

## 2.4 Høytrykksutstyret til Nofima

Nofima i Stavanger har det eneste forskningsanlegget i Skandinavia som har mulighet for å kombinere høyt trykk (maks 690 MPa) og varme. Høytrykksprosesseringen kan foregå i temperaturintervallet fra 8 til 90 °C. Da trykkøkningen også gir en viss økning i temperatur, er det mulig å oppnå sluttemperaturer på godt over 100 °C. Høytrykksmaskinen (QFP 2L-700) er produsert av Avure, og har et kammer på 2 liter. Oversiktsbilde av maskinen kan sees i Figur 7.



Figur 7 Oversiktsbilde av høytrykksmaskin (A). Prøvemateriale legges i en 2 L sylinder hvor for HP behandling (B og C) (Foto: Øygunn Skog).

## 2.5 Effekter av HP på frukt, bær og grønnsaker

Sensorisk kvalitet som smak, aroma, tekstur og farge, samt næringsinnhold, er de viktigste kvalitetskriteriene for frukt, bær og grønnsaker. Selv om sensorisk kvalitet er det viktigste kvalitetsmålet etter at et mikrobiologisk trygt produkt er oppnådd, er det svært få studier som beskriver den sensoriske opplevelsen av høytrykksbehandlet frukt og grønnsaker. I stedet måles innholdsstoffer som har betydning for sensorisk kvalitet, som pigmenter og flyktige aromastoffer. Sensoriske egenskaper som farge og tekstur måles instrumentelt. I tillegg bestemmes aktiviteten av enzymer som opprinnelig finnes i frukt og grønnsaker, og som kan bryte ned stoffer som påvirker produktkvaliteten.

### 2.5.1 Enzymaktivitet

HP påvirker strukturen og dermed aktiviteten til enzymer. Den kan både økes eller reduseres ved HP, og man oppnår ikke nødvendigvis en lineær inaktivering med økende trykk. Effekt av trykk på enzymene er avhengig av parametere som matriks, pH og temperatur. Dessuten er enzymene forskjellige i ulike arter, for eksempel er peroksidase i jordbær ikke den samme som peroksidase i bringebær.

Eisenmenger *et al.* (2009) har gjennomgått litteratur som omhandler effekt av høyt trykk på stabilisering og/eller aktivering av 25 enzymer. HP hadde ulik effekt på de forskjellige enzymene avhengig av trykkområde, temperatur, kilde, løsningsmiddel eller media og substrat. Generelt er enzymer knyttet til nedbrytning i frukt og grønnsaker svært resistente både mot høyt trykk og varme. Dessuten er det observert at en del enzymer har blitt aktivert etter trykkbehandling ved 300–500 MPa. En praktisk løsning kan være å høytrykksprosessere ved betingelser som sikrer mikrobiologisk holdbarhet, fulgt av lagringsbetingelser i emballasje som reduserer degradering av produktet det vil si lav temperatur og liten tilgang på oksygen.

Enzymene peroksidase (POD) og polyfenoloksidase (PPO) har stor betydning for kvaliteten av prosesserte frukt- og grønnsakprodukter. POD katalyserer oksidasjon av mange ulike forbindelser som askorbinsyre (vitamin C) og pigmenter. PPO katalyserer oksidasjon av polyfenoler i

plantemateriale, noe som fører til misfarging det vil si avfarging og bruning av produkter etter oppkutting og prosessering. PPO og POD er ansett for å være de mest varmestabile enzymene i henholdsvis frukt og bær, og grønnsaker, og de brukes ofte som en indikator på at varmebehandlingen er tilstrekkelig. Effekten av HP på aktiviteten til disse enzymene er særlig interessant.

## **2.5.2 Sensorisk kvalitet**

### **Farge**

Fargen til et produkt er en viktig sensorisk og kvalitetsmessig parameter. Farge kan måles og bestemmes direkte med instrumenter, eller man kan analysere for innholdsstoffer som gir fargeendringer i produkter. HP-behandling ved lave og moderate temperaturer har begrenset effekt på pigmenter, det vil si klorofyll, karotenoider og antocyaniner, som gir farge til frukt og grønnsaker (Oey *et al.*, 2008). Fargeforandring kan imidlertid skje under lagring på grunn av ufullstendig inaktivering av enzymer som finnes i produktet.

Antocyaniner er vannløselige pigmenter som er ansvarlig for den rød-blå fargen av frukt og bær. De er generelt stabile ved HP ved moderate temperaturer, men blir, som andre innholdsstoffer, brutt ned under lagring (Oey *et al.*, 2008). Disse fargestoffene er interessante i forhold til bringebær og plommer.

### **Tekstur**

Tekstur er en samlebetegnelse for strukturelle og mekaniske egenskaper av mat, for eksempel fasthet, konsistens og viskositet. Endringer i tekstur er relatert til omdannelser i celleveggpolymere på grunn av enzymatiske og ikke-enzymatiske reaksjoner. I smoothie og juice er det funnet at HP både kan gi høyere eller uforandret viskositet, avhengig av type produkt og behandling. Dette kan brukes til å lage nye produkter med en bestemt tekstur, noe som ikke er mulig ved varmebehandling alene.

### **Aroma (smak og lukt)**

Aroma er en kombinasjon av smak- og lukttinntrykk. Sukker, syrer, salt og «bitterstoffer» bidrar til smak, mens det er tusenvis av lavmolekylære flyktige forbindelser som gir luktopplevelsen. Det er antatt at den friske smaken av frukt og grønnsaker ikke er endret ved høytrykksbehandling, fordi strukturen av små molekyler ikke er påvirket av trykk. I bringebærpuré ble sukrose nesten helt brutt ned etter HP (600 MPa, 25 og 44 °C, 6 min) og 15 dagers lagring ved 4 °C (Butz *et al.*, 2003). Samtidig økte konsentrasjonen av glukose og fruktose i prøvene, noe som tyder på at invertase ikke var fullstendig inaktivert ved HP.

### **Næringsstoffer – vitamin C og andre næringsstoffer**

Vitamin C, eller askorbinsyre, er et vannløselig vitamin som finnes i de fleste frukter og bær. Det er generelt akseptert at HP har liten effekt på lavmolekylære forbindelser, slik som vitamin C. Nedbrytning av askorbinsyre etter HP skyldes antagelig hovedsakelig ødeleggelse av celleveggene som frigjør oksidative forbindelser. Flere studier har vist at HP-jordbær- og andre bærprodukter hadde mindre reduksjon i vitamin C enn tilsvarende varmebehandlede produkter (Barrett & Lloyd, 2012). Generelt var askorbinsyre i juice etter HP bedre bevart enn i ubehandlet juice ved lagring (4 og 20 °C) i inntil 10 dager.

Av andre faktorer som er av interesse når det gjelder frukt og bær er antioksidantkapasitet og innholdet av totale fenoler (TP). Dette er undersøkt i noen studier. For å vurdere helserrelevans kan det være mer fornuftig å se på utviklingen av enkeltforbindelser enn av total mengde.

### **Oppsummering**

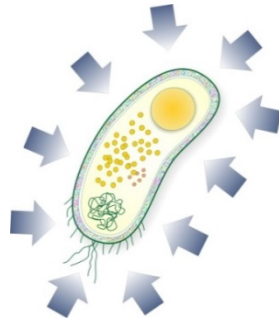
HP ved lave temperaturer (under 50 °C) gir liten effekt på lavmolekylære forbindelser som pigmenter, flyktige aromaforbindelser og vitaminer som bidrar til kvalitet av produktene. Tekstur blir imidlertid påvirket av HP, noe som også kan føre til endringer av utseende av produktet. Kvaliteten kan imidlertid endres ved lagring hvis ikke endogene nedbrytende enzymer eller mikroorganismer er fullstendig inaktivert. Effekten av HP er avhengig av hvilken type frukt eller bær som blir undersøkt på grunn av ulike innholdsstoffer, struktur, pH, enzymer mm. Derfor bør man selv teste relevante produkter og lagringsbetingelser.

Generelt gjelder det for HP av frukt og bær at farge (antocyaniner), aroma, tekstur og helserelaterte innholdsstoffer er bra bevart etter prosessering. Problemet med kvalitetsforringelse oppstår ved lagring av produktene, fordi de nedbrytende enzymene, spesielt PPO som kan føre til misfarging/bruning og pektin metyl esterase (PME) som kan gi utfelling av bunnfall i uklare juicer, ikke blir inaktivert ved prosessering. For trykkbehandling ved 300–400 MPa er det tvert i mot vist at disse enzymene har blitt aktivert. For å inaktivere enzymene trengs høye trykk, gjerne kombinert med høye temperaturer og lang holdetid, noe som ikke er praktisk gjennomførbart, i tillegg til at det gir produkter som ikke har den ferskhetskvaliteten som kjennetegner et HP-produkt. En praktisk løsning vil være å prosessere ved betingelser som sikrer mikrobiologisk holdbarhet, fulgt av lagringsbetingelser som reduserer degraderingen av produktet. Dessuten kan man velge arter og sorter av frukt og bær som har lavest mulig enzymaktivitet. Det kan også vurderes å tilsette stoffer eller råvarer som kan hemme restenzymaktiviteten.

## **2.6 Mattrygghet og mikrobiologi**

Økt mattrygghet er i tillegg til forlenget holdbarhet en av hovedgrunnene til bruk av HP på mat. Ulike mikroorganismer, både patogene og forringelsesbakterier, påvirkes ulikt av HP. Generelt kan en si at sporer er de mikroorganismene som tåler HP best: sporer > virus > gjær og mugg > bakterier > parasitter (Considine *et al.*, 2008, Kovac *et al.*, 2010, Rendueles *et al.*, 2011, San Martin *et al.*, 2002). Hastigheten og inaktiveringen av mikroorganismer under HP avhenger av en rekke parametere som: type mikroorganisme, trykk, tid, temperatur, pH, vanninnhold og mat-sammensetningen. Generelt fås økt inaktivering med økende trykk, og trykk over 400 MPa bidrar til reversibel og irreversibel spalting av inter- og intramolekylære bindinger i cellemembranen hos bakterier.

Ulike typer bakterier (arter og stammer) tåler trykk ulikt, og har ulik overlevelse i mat. Matvare eller matriks rundt mikroorganismene påvirker i hvilken grad trykket inaktiverer, og en illustrasjon av bakterie utsatt for trykk er vist i Figur 8. Generelt har bakterier høyere overlevelse i mat sammenlignet med buljong som vekstmedium. Både lav pH og høy vannaktivitet gjør mikroorganismer mer sensitive til HP.



Figur 8 Bakterie utsatt for høyt trykk (Illustrasjon: Kjell Merok).

## 2.7 Metodens muligheter

### 2.7.1 Nye produkter

Høytrykksprosessering gir mange muligheter for nye produkter, spesielt i segmentet for høykvalitet og naturlig produkt. Markedet for fersk juice er i Europa og USA i sterk vekst, og flere og flere hurtigmatkjeder, kiosker og bensinstasjoner går over til å selge ferskere juice og smakstilsatt vann. Blant populære produkter er ferskpresset juice av frukt og bær, samt av grønnsaker. De siste produktene er spesielt populære blant yngre kvinner som er opptatt av helse og velvære og «raw food».

I tillegg til nye juice-produkter er det mye fokus på design og merkevare innen HP-segmentet. Det jobbes mye med å utvikle spesiell emballasje og spesielle navn på produktene. HP blir ofte benyttet til høykvalitetsprodukter, og utforming av ny emballasje er en del av markedsstrategien til mange produsenter. I tillegg fokuseres det på etiketten på slagord om at det er et rent og naturlig produkt med økt næringsverdi, at det ikke er brukt tilsetningsstoffer og at prosessen er miljøvennlig.

Når nye teknologier introduseres til forbrukerne kan dette gå smertefritt, eller det kan forårsake skepsis og motforestillinger om å kjøpe/spise produkter som er prosessert på denne måten. Det at HP kan gi produkter som har karakteristikk som ligner på det ubehandlede produkt (god smak, fin farge, bevaring av næringsstoffer) er fordeler som likevel ikke trenger å være nok til at en forbruker vil akseptere bruk av en ny teknologi. Eksempler på hva forbrukerne er positive til er organisk dyrket mat, mens genetisk modifisering og bestråling har blitt negativt mottatt. Høytrykksteknologi er generelt en ny teknologi som blir sett positivt på av forbrukere (Nielsen *et al.*, 2009). Det ble i denne studien undersøkt forbrukernes holdning til HP-juice og -barnemat, og det var fokusgrupper i 6 europeiske land, deriblant Norge og Danmark.

Nye aktuelle produkter for det norske markedet basert på bær og HP inkluderer fersk juice, ren eller blandet av flere råvarer, oppkuttete bær som fruktsalat, bærmasse, smoothie og barnemat. Barnemat er et område med en antatt betalingsvillig, nærings- og kvalitetsbevisst forbrukergruppe.

Kombinasjon av høytrykk og varme kan resultere i forbedret sensorisk- og mikrobiologisk kvalitet, samt forlenget holdbarhet. Denne kombinasjonen kan brukes for produkter hvor det er problemer med sporer, pH>4,6 eller lagring ved romtemperatur er ønskelig. Bruk av HP og varme i kombinasjon, vil redusere nødvendig holdetid for oppvarmingen og temperatur. I tillegg vil varmfordelingen i produktet bli homogen. Spesielt ferdigretter kan egne seg for bruk innen HP + varme, og det er nylig kommet nye lunsj- og middagsretter på markedet i Australia.

### **2.7.2 Økt ressursutnyttelse**

Ved bruk av HP kan ressurser utnyttes bedre, ved at man kan forlenge holdbarheten og utnytte mer av råvarene. HP brukes ofte som et fortrinn blant bedrifter til å produsere høykvalitetsprodukter, «premium» produkter. Et slikt produktsegment kan prises høyere og produsentene kan få en økt gevinst. Bruk av HP på frasorterte bringebær, søtkirsebær eller plommer vil kunne gi økt råvareutnyttelse, en høyere pris for produktet til produsentene samt nye produkter på markedet til forbruker.

### **2.7.3 Mulighet for fjerning av stein**

Et mulig bruksområde for HP i forbindelse med frukt og bær kan være for å gjøre fjerning av stein i plommer og søtkirsebær lettere. HP-teknologien brukes i dag i andre matbransjer til å; 1) forbedre utbytte ved skjæring og mørning av kjøtt og 2) frigjøre muskelen i skjell og skalldyr. Den sistnevnte metode kalles for «shucking» og er mye brukt i Asia for å løsne muskelen i skjell fra selve skjellet, for eksempel i østers. Det kreves forholdsvis lave trykk for å få til dette, likevel er trykket ofte tilstrekkelig til å hemme virus og bakterier i skjell. For skalldyr, og spesielt krabbe og hummer brukes HP til å få ut kjøttet fra skallet, mens det enda er rått. Dermed kan nye produkter av fersk og rått hummer og krabbekjøtt selges klart til bruk hos forbruker. I forbindelse med mørning og økt utbytte av kjøtt fra dyreskrotter kan hele dyret plasseres i HP-maskinen og prosesseres, og man vil kunne oppnå mer kilo kjøtt per dyr.

Dersom man kan bruke HP tilsvarende dette på frukt, kan man på en enkel måte fjerne steiner fra plommer og kirsebær. På den måten kunne man få økt råvareutnyttelse med mindre svinn, og også en enklere prosess. Det er ikke kjent om dette vil la seg gjøre i praksis, men det ville være et veldig interessant og spennende arbeidsområde.

### **2.7.4 Prosesseringsvariable**

Ved trykkbehandling av et produkt er det flere variabler som kan endres:

- i) trykk
- ii) holdetid
- iii) temperatur

Ved produktutvikling må alle disse parameterne optimaliseres for det gitte produktet. Vanligvis er det trykk og holdetiden som varieres, da de fleste produkter prosesseres ved romtemperatur. Men, enkelte produktgrupper som sjømat kan kreve lavere temperatur, noe som krever spesielle maskiner med egnet kjøling. Kombinasjon med varme, for å oppnå økt holdbarhet eller endrede produkter krever også spesielle maskiner.

Det er generelt antatt at trykk over 400 MPa vil inhibere vekst av mikroorganismer og gi økt mattrygghet. Vanlige prosessbetingelser for juice og kjøttprodukter er 500 MPa eller mer, og en holdetid på 1–5 min.



## 2.7.5 Kombinasjon av HP og andre metoder

Ulike former for forbehandling kan benyttes i kombinasjon med HP, for å øke holdbarhet (mikrobiologisk eller enzymatisk), sensorisk eller kjemisk kvalitet eller i forbindelse med prosessering. HP kan også kombineres med andre teknologier for å oppnå disse forbedringene.

Kombinasjon med varme kan gi økt holdbarhet på produktene. Det gir også muligheten til å lage nye typer produkter. Pakking i modifisert atmosfærepakking kan benyttes. Det er også muligheter for å benytte eller tilsette aktive pakkemateriale i emballasjen eller som antimikrobielle komponenter i produktet.

## 2.8 Bruk i forbindelse med bær og frukt

Kommersielt brukes høytrykksprosessering til mange ulike juice- og smoothieprodukter, for å gi et forbedret produkt med tanke på smak, farge, næringsstoffer, holdbarhet og mattrygghet. Disse produktene går inn i segmentet premium-produkter. HP gir økt ferskhetspreg samt forlenget holdbarhet. HP-juiceprodukter selges i Europa og USA hos store dagligvarekjeder samt kiosker som Starbucks og McDonalds. Figur 9 viser et utvalg kommersielle produkter av HP-juice, samt frukt- og bærpuréer.



Figur 9 Kommersielle juice-produkter og pureer som er HP behandlet.

Det er lite tilgjengelig vitenskapelig litteratur for HP av bringebær, søtkirsebær og plommer. Noe informasjon er nevnt tidligere i rapporten under Kapittel 2.5. Arbeid utført ved Nofima med jordbær og bringebær (dette prosjektet) viser at HP vil kunne gi forbedrede kvaliteter sammenlignet med varmebehandling av juice og bærmos/massen, men at det fortsatt må jobbes med prosessen.



Kombinasjon av ulike bær og frukter, samt eventuelle naturlige tilsetningsstoffer vil gi best innovasjonsmuligheter.

Spesielt bevaring av vitamin C og antioksidanter har vist seg å være bedre ved bruk av HP enn tradisjonell varmebehandling. For bringebær og HP er det funnet et fåtall vitenskapelige artikler. Suthanthangjai *et al.* (2005) undersøkte hvordan trykk (200–800 MPa) og temperatur (18–22 °C) og deretter lagring ved 4, 20 eller 30 °C påvirket antocyanininnholdet og fargen på bringebærene. De fant at 200 og 800 MPa kombinert med lagring ved 4 °C ga høyest antocyaninstabilitet. Garcia-Palazon *et al.* (2004) undersøkte hvordan enzymene POD og PPO i bringebær blir påvirket av trykk (400–800 MPa) og ulike holdetider (5–15 min). De fant at i POD og PPO i bringebær ikke ble påvirket av HP. Effekten av HP og temperatur på antocyanin degradering i bringebærpuré er også blitt undersøkt og en modell for kinetikken er utviklet (Verbey *et al.*, 2011).

Undersøkelse av plommepuré som ble utsatt for HP (400–600 MPa) eller varmebehandlet viste at PPO aktiviteten etter HP ikke ble påvirket, slik som ønsket (Gonzalez-Cebrino *et al.*, 2012). HP ga derimot bedre farge etter 20 dagers lagring, sammenlignet med varmebehandling. Forfatterne anbefaler bruk av varme i kombinasjon med HP for best resultat. Forsøket ble utført med “Sungold” plommer. Dette er en Salicina-plomme, ulik de europeiske plommene som dyrkes i Norge.

## 2.9 utfordringer

Bruk av HP som teknologi, vil som alle nye teknologier by på visse utfordringer. Den største utfordringen vil være investeringskostnadene i ny maskin og omlegging av eksisterende produksjon.

Internasjonalt brukes HP-teknologien av mange mindre bedrifter for å lage premium-produkter eller for å sikre mattryggheten. For det norske markedet vil det være aktuelt, så lenge det ikke finnes maskiner i Norge, å sende produktene ut av landet for prosessering. Når det på sikt kommer maskiner i Norge vil også mindre og mellomstore bedrifter kunne leie produksjonstid i eksisterende anlegg.

De teknologiske utfordringene vil inkludere uttesting av prosessbetingelser for hvert enkelt produkt. Dette for å sikre god mattrygghet og sensoriske egenskaper. I tillegg ønskes det gjerne at produktet skal ha helsemessige fordeler, med økt antioksidant- og vitamininnhold, spesielt vitamin C.

### 2.9.1 Produksjonskostnad

Det er i Tabell 2 oppsummert et utvalg av kommersielle maskiner som er tilgjengelige fra de 2 største HP-maskinleverandørene, NC Hyperbaric i Burgos, Spania ([www.hiperbaric.com](http://www.hiperbaric.com)) og Avure i Västerås, Sverige/USA ([www.avure.com](http://www.avure.com)). Det finnes flere modeller, og det skjer stadig utvikling. Produksjonstid og kostnad er basert på tall fra leverandørene, men generelt kan man si at produksjon av HP-produkter skjer på høykostnads- og høykvalitetsvarer. Men, prosesstiden er kort, totalt maksimalt 10 minutter, slik at det er mulig å prosessere mye produkt per time, sammenlignet med varmebehandling. Energikostnadene er også lavere enn ved varmebehandling, siden selve prosessen skjer så fort.

Tabell 2    Oversikt over innkjøp- og produksjonskostnader for ulike HP-maskiner.

	55 liter (NCH)	100 liter (A)	350 liter (A)	420 liter (NCH)
Maskin	0,5 mill €		1,5 mill €	4,2 mill €
Produksjon/time	250 l/t	0,5-1 tonn/t	2,5-3 tonn/t	2 tonn/t
Prosesskostnad	0,22 €/kg	*	*	0,09 €/kg

\*Avure: 0,06-0,12 €/kg for 10 års periode (kjøp, kjøring, personell, etc.).

## 2.9.2 Markedspotensial

Internasjonalt finnes veldig mange produkter av frukt og bær, hvor juice, smoothie, syltetøy og mos er blant de største produktgruppene. Det produseres også mange typer HP-juice til forbrukergrupper som er opptatt av helse, økologisk mat og «detoks». Produkter som juice av gress og grønnsaker, kokosvann og korn er det stor etterspørsel etter i USA og Europa.

For det norske markedet vil nok produksjon av høykvalitetsprodukter basert på norske råvarer som oppleves som ferske, sunne og gode være aktuelle HP-produkter. Betalingsvilligheten i enkelte forbrukergrupper vil gjøre at varer som fokuserer på helse og sunnhet, og barnemat kan være aktuelle segmenter.

### 3 Modellprodukter

Det ble i dette forprosjektet gjort en screening av høytrykksprosessering av bringebær. Effekten av HP på farge, mikrobiologi og sukker/syre innhold i bringebær-juice og mos ble analysert. Dette ble gjort rett etter prosessering (400-600 MPa, 1,5 min) og etter lagring i opp til 97 dager ved 4 °C. I tillegg ble det utført et mindre forsøk der «bringebær i lake» ble testet. Her ble farge og eventuell vekst av bakterier undersøkt etter lagring i opptil 42 dager ved 4 °C. Laken bærene ble pakket i var springvann. Prosessbetingelsene til modellproduktene er oppsummert i Tabell 3.

#### 3.1 Bringebær som modell

I forarbeidet for prosjektet ble ulike frukt og bær vurdert som råvare for prøvene. Det var interessant å se på både ren juice, moset frukt eller bærmasse, og produkt med hele eller store biter av frukt eller bær.

Bringebær er aktuelt for alle disse produktene. Dessuten har bringebær utmerket seg de siste 10 årene med en svært kraftig økning i produksjonen til friskkonsum. Med økt produksjon øker behovet for alternativ bruk av bærene i perioder med vanskelig markedssituasjon. Mange juiceprodusenter lager juice med bringebær som en viktig komponent. Dette er oftest ufiltrerte typer med mye fruktkjøtt. Det er også interesse for sauser og liknende av bringebær.

Bringebær har en form som gjør prosessering av hele (eller tilnærmet hele) bær vanskelig. Det var derfor interessant å undersøke en råvare som det er så vanskelig å kontrollere for eventuelle luftlommer i produktet før høytrykksbehandling.

Bringebær er dessuten tilgjengelig tidlig i sesongen fra veksthusproduksjonen blant annet på Jæren. Råvarene til prøvene i dette prosjektet ble hentet lokalt.

Blant de fruktene det var særlig interesse for å vurdere høytrykksprosessering av var produkter av søtkirsebær og plommer. På samme vis som for bringebær, er det satset mye på å øke plommedyrkingen. Her er det også behov for alternativ bruk til prosesserte produkter i perioder med høy tilgjengelighet i markedet. Utfordringen med søtkirsebær og plommer er at de først vil være tilgjengelig i august-september. Dermed ville det være for kort tid til å vurdere disse produktene, når målet var å ha forprosjektet klart senest omkring 1. oktober.

#### 3.2 Prosessering og forsøksoppsett

Tabell 3 viser en oversikt over screeningforsøket med bringebærjuice og -mos. Juicen ble laget med en juicepresse (Philips, Avance Collection Juicer) av ferske bringebær. Mosen ble laget i en food-processor (Robot coupe R5).

Tabell 3 Forsøksoppsett for bringebær-modellproduktene.

Varianter	
Produkt	Juice og mos Bær i lake*
Trykk	0, 400, 500, 600 MPa
Holdetid	1,5 min
Lagring med uttak	Dag 0, 21 og 34 + ekstra etter sommerferien
Lagringstemp	4 °C
Analysar	Mikrobiologi (PCA, DRBC), pH, farge (Nofima) Sukker/syre og Brix (Bioforsk)
Mengde prøve	40 g (min 35 g)
Antall paralleller	5 per variant

\*Bær i lake – testprodukt (ikke fullt oppsett og analyser).

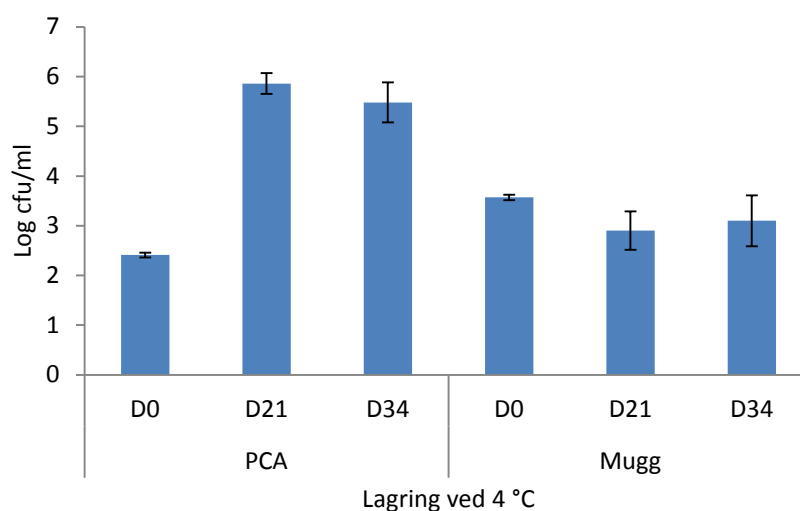
Det ble kjørt 3 ulike trykk (400–600 MPa) og 1,5 minutter holdetid. Dette ble valgt ut fra industrirelevante synspunkt. De ulike produktene; juice, mos og bær i lake ble valgt utfra hva som kan være relevante produkter for industrien. I forsøkene ble det valgt å bruke kun bær i kombinasjon med HP.

### 3.2.1 Analyser og resultater – bringebærjuice og -mos

Analysene som ble utført var mikrobiologisk analyse, farge, pH, Brix og sukker:syre-forhold. Resultatene er kort oppsummert under.

#### Mikrobiologisk analyse

Det ble analysert for total antall bakterier på PCA-skåler (Plate Count Agar, inkubering 2 dager ved 30 °C) og for mugg og gjær på DRBC-skåler (Dicloran Rose Bengal Clortetracyclin, inkubering i 3–5 dager ved 25 °C). Analyse ble gjort ved dag 0, før og etter prosessering, og etter 21 og 34 dager. Etter lagring i 34 dager var det hovedsakelig i de ubehandlede kontrollene det ble funnet vekst av mikroorganismer i (Figur 10).



Figur 10 Mikrobiologisk vekst i ubehandlet bringebærjuice ved starten av forsøket og etter 21 og 34 dagers lagring ved 4 °C. Ulike vekstmedier viser ulike bakterier hvor PCA gir totalantall bakterier.

Resultatene var tilsvarende for både bringebærjuice og mos. I ubehandlet prøve økte bakterieinnholdet fra cirka log 2 til cirka log 5–6 cfu/ml etter 34 dager. Mengde mugg i prøvene var konstant og på omtrent log 2–3 cfu/ml. Høytrykksbehandling av prøvene reduserte bakterieveksten, og etter 21 dagers lagring ble det ikke funnet noe vekst av bakterier på PCA-skåler. Etter 34 dagers lagring av juice ble det funnet noe vekst av bakterier i de høytrykksbehandlede prøvene, men dette var enkeltkolonier i ufortynnet prøve. Dette vil si en vekst på < log 1 cfu/ml. Noen prøver ble lagret enda lenger, og uttak ble også gjort etter 97 dagers lagring. Resultatene viste ikke noen økning i vekst sammenlignet med dag 34. De fleste prøvene hadde ingen vekst etter 97 dagers lagring ved 4 °C. Analysene for mugg i HP produkter viste tilsvarende resultat som analyse for totalt antall bakterier. Det ble ikke funnet mugg i HP prøver gjennom hele lagringsperioden på 34 dager. Disse resultatene viser at HP kan brukes for å forlenge den mikrobielle holdbarheten til fersk juice og mos laget av bringebær.

### pH

pH-målinger viste at både juice og mos av bringebær lå på pH 3,4 ved starten av forsøket. Etter 21 dager var det en svak nedgang i pH til 3,5 for alle prøvene, både kontroll og de som har utsatt for HP. Etter 34 dager var pH igjen på rundt 3,4. Det ble ikke funnet noen signifikante forskjeller mellom kontroll og høytrykksbehandlede prøver, eller mellom bringebærmos og -juice.

### Farge og lukt

DigiEye (fra VeriVide) ble brukt til å avfotografere juicen og mosen etter prosessering og lagring, slik at det var mulighet for å gjennomføre avansert fargeanalyse på et senere tidspunkt. Visuell vurdering av produktene, viste at det var frisk og fin rødfarge på produktet etter lagring i 5 uker (34 dager). Instrumentell fargeanalyse ble derfor ikke gjennomført.

Bærene luktet friskt etter 5 ukers lagring, selv kontrollprøvene som ikke var høytrykksprosessert.

### Sukker og syre

Nedfrosne produkt ble transportert til Bioforsk Ullensvang for analyse. Brix, titrerbar syre og Brix:syre forholdet ble analysert for prøver tatt ut ved dag 0 og 21. Det ble målt oppløst tørrstoff (Brix, som indikerer sukkerinnhold) med refraktometer, mens syreinnholdet (titrerbar syre) ble målt ved å titrere juice eller mosprøver fortynnet med vann til pH 8,1 med 0,1 N NaOH. Resultatet er oppgitt som prosent eplesyre. Juiceprøvene måtte filtreres før analyse. De statistiske analysene (variansanalyse og partest (t-test)) er utført med statistikkdelen i Microsoft Excel.

Tabell 4 Brix-verdi, titrerbar syre og Brix:syre forholdet i bringebærjuice rett etter HP. Gjennomsnitt av 5 parallelle prøver.

Behandling	Brix-verdi	Titrerbar syre	Brix:syre forholdet
Kontroll (uten HP)	7,14 <sup>b*</sup>	2,08 <sup>c</sup>	3,43 <sup>a</sup>
400 MPa	7,12 <sup>b</sup>	1,97 <sup>a</sup>	3,61 <sup>b</sup>
500 MPa	7,06 <sup>a</sup>	2,00 <sup>ab</sup>	3,53 <sup>a</sup>
600 MPa	7,10 <sup>ab</sup>	2,03 <sup>bc</sup>	3,50 <sup>a</sup>
p-verdi	0,02	0,004	0,02

\* Verdier merket med samme bokstav innen kolonner, er ikke signifikant forskjellige på 5 %-nivå ( $p < 0,05$ ).

Tabell 5 Brix-verdi, titrerbar syre og Brix:syre forholdet i mos av bringebær rett etter HP. Gjennomsnitt av 5 parallelle prøver.

Behandling	Brix-verdi	Titrerbar syre	Brix:syre forholdet
Kontroll (uten HP)	7,56	1,95 <sup>b*</sup>	3,89 <sup>ab</sup>
400 MPa	7,34	1,94 <sup>b</sup>	3,71 <sup>a</sup>
500 MPa	7,36	1,88 <sup>a</sup>	3,92 <sup>b</sup>
600 MPa	7,36	1,84 <sup>a</sup>	3,97 <sup>b</sup>
p-verdi	(0,06)	0,01	0,04

\* Verdier merket med samme bokstav innen kolonner, er ikke signifikant forskjellige på 5 %-nivå ( $p < 0,05$ ).

Ved oppstarten, dag 0, var det en tendens til at Brix-verdien ble redusert ved høytrykksprosessering, både i juice og mos, se Tabell 4 og 5. Det var også nedgang i titrerbar syre. Forandringene i Brix:syre forholdet var variabel, men det var en tendens til at HP gav produkt med høyere Brix:syre forhold. Dette regnes som positivt for smaks kvaliteten.

Analysene av prøver etter 21 dager viste signifikant lavere Brix-verdi (mindre sukker) i prøvene som hadde vært utsatt for de høyeste trykknivåene (Tabell 6 og 7). Dette samsvarte med analysene rett etter HP, og var tydelig både i juice og mos.

For syreinnhold var det en annen tendens etter lagring i forhold til rett etter HP. Etter 21 dagers lagring hadde HP-prøver oftest høyere syreinnhold enn kontrollen. Når Brix-verdien gikk ned og syreinnholdet gikk opp ved trykkbehandling, gav det signifikante utslag på Brix:syre forholdet. HP-prøvene hadde lavere sukker:syre forhold, og ville dermed være et syrligere produkt for friskkonsum.

Tabell 6 Brix-verdi, titrerbar syre og Brix:syre forholdet i bringebærjuice 21 dager etter HP. Gjennomsnitt av 5 parallelle prøver.

Behandling	Brix-verdi	Titrerbar syre	Brix:syre forholdet
Kontroll (uten HP)	7,22 <sup>b*</sup>	2,57 <sup>a</sup>	2,81 <sup>bc</sup>
400 MPa	7,24 <sup>b</sup>	2,52 <sup>a</sup>	2,87 <sup>c</sup>
500 MPa	7,16 <sup>ab</sup>	2,58 <sup>a</sup>	2,78 <sup>b</sup>
600 MPa	7,04 <sup>a</sup>	2,69 <sup>b</sup>	2,62 <sup>a</sup>
p-verdi	0,02	0,01	0,02

\* Verdier merket med samme bokstav innen kolonner, er ikke signifikant forskjellige på 5 %-nivå ( $p < 0,05$ ).

Tabell 7 Brix-verdi, titrerbar syre og Brix:syre forholdet i mos av bringebær 21 dager etter HP. Gjennomsnitt av 5 parallelle prøver.

Behandling	Brix-verdi	Titrerbar syre	Brix:syre forholdet
Kontroll (uten HP)	7,28 <sup>b*</sup>	1,86 <sup>a</sup>	3,91 <sup>b</sup>
400 MPa	7,22 <sup>a</sup>	1,92 <sup>b</sup>	3,75 <sup>a</sup>
500 MPa	7,16 <sup>a</sup>	1,86 <sup>a</sup>	3,85 <sup>ab</sup>
600 MPa	7,18 <sup>a</sup>	1,93 <sup>b</sup>	3,75 <sup>a</sup>
p-verdi	0,01	0,01	0,04

\* Verdier merket med samme bokstav innen kolonner, er ikke signifikant forskjellige på 5 %-nivå ( $p < 0,05$ ).

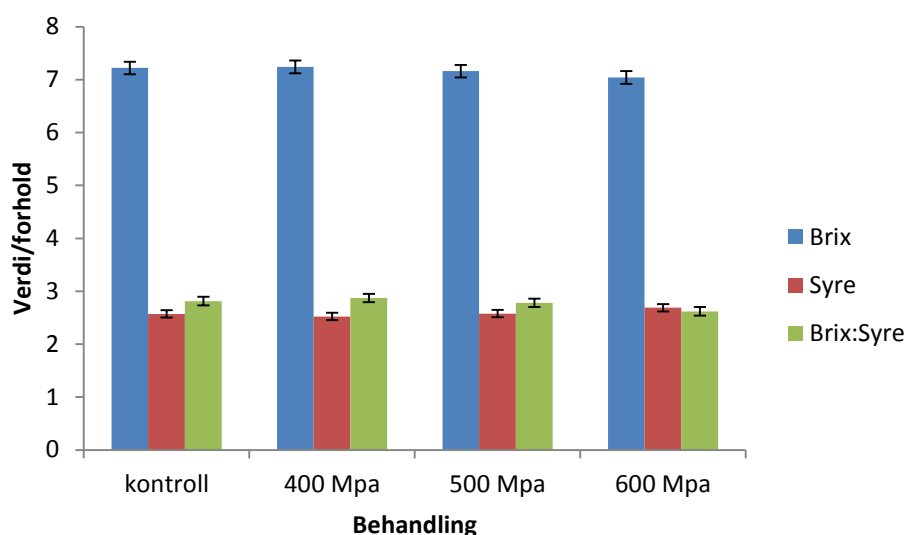
Økningen i titrerbar syre og nedgangen i Brix:syre forholdet i lagrede HP-produkter var den samme i juice og mos. Men dersom en sammenligner produktene før og etter 3 ukers lagring, uavhengig av de ulike behandlingene, var det forskjell på juice og mos (Tabell 8). I dette forsøket var det økning i syreinnholdet etter lagring i juice, og følgelig signifikant nedgang i Brix:syre forholdet. I mos var det nedgang i Brix-verdien etter lagring, men ingen forskjell i syreinnhold og Brix:syre forhold.

Tabell 8 Brix-verdi, titrerbar syre og Brix:syre forholdet i juice og mos av bringebær før og etter 21 dager lagring. Gjennomsnitt av 20 analyser (5 parallelle prøver av 4 produkttyper).

Tidspunkt	Juice av bringebær			Mos av bringebær		
	Brix	Syre	Brix:syre	Brix	Syre	Brix:syre
Rett etter HP	7,11	2,02	3,52	7,40	1,91	3,87
Etter 21 dager	7,17	2,59	2,77	7,21	1,89	3,81
p-verdi	(0,27)*	<0,0001	<0,0001	0,002	(0,54)*	(0,35)*

\*Gjennomsnittsverdiene i kolonnen er ikke signifikant forskjellige på 5 %-nivå.

Selv om det var signifikante forskjeller og tydelige tendenser av HP, er utslagene så små at de trolig vil ha liten innvirkning på smaks kvaliteten (Figur 11).



Figur 11 Brix-verdi, tirtrebar syre og Brix:syre-forholdet i høytrykksprosessert bringebærjuice 21 dager etter behandlingen. Gjennomsnitt av 5 parallelle prøver for hver behandling.

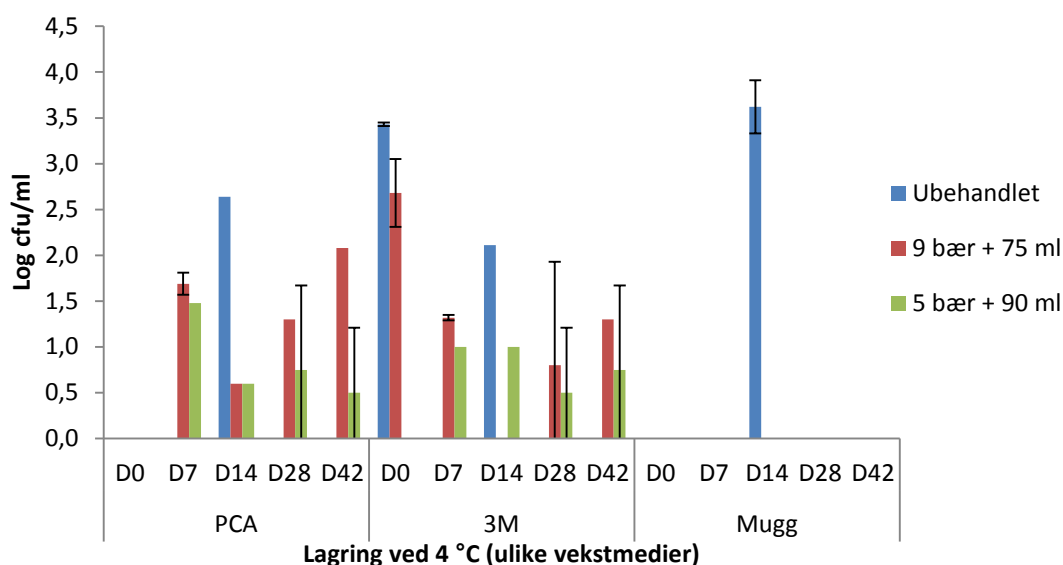
### 3.2.2 Bringebær i lake

Forsøket med pakking av bær i lake fungerte bra (Figur 12). HP (400 MPa i 1,5 minutt) gav inaktivering av mikroorganismer. Det var lav vekst av bakterier, og ingen vekst av mugg og gjær etter 42 dagers lagring (Figur 13). Ubehandlet prøve ble kun analysert dag 0 og 14 på petrifilm (3M) og dag 14 på PCA og mugg og gjær medium.

Det er utfordringer knyttet til laken bærene ligger i, da farge og smak av bærene trakk ut i denne. Det kan være aktuelt å teste ut bruk av sukkerlake for å minske det osmotiske trykket. Med mindre osmotisk trykk, kan det være at mindre farge slippes fra bærene og ut i laken. Bærene var delikate og hadde tiltalende lukt etter så lang lagring i lake, men hadde en noe vassen farge og konsistens.



Figur 12 Bringebær i lake (springvann) ved start, før og etter HP behandling, og etter 42 dagers lagring ved 4 °C.



Figur 13 Mikrobiologisk vekst i bringebær i lake (springvann) etter 0, 7, 14, 28 og 42 dagers lagring ved 4 °C. Resultatene baserer seg på analyse av 1-3 prøver per uttak. Ikke alle typer prøver ble analysert ved de ulike lagringstidspunktene.

### 3.3 Plommer som modell

Det var ønskelig å ha gjennomført mest mulig av forprosjektet tidlig på høsten slik at en kunne søke om hovedprosjekt ved utlysingen i oktober. Følgelig ble det bare gjennomført et lite testforsøk i plommesesongen. Det ble ikke gjennomført fullstendige serier med lagring og analyser. Både hele og delte plommer ble vakuumpakket og prosessert, 300 MPa i 1 min.

I en uformell smaking av høytrykksprosesserte plommer, virket de syrligere enn ubehandlede plommer. Dette er i samsvar med det som også ble observert for bringebær. Det ble ikke testet om HP kunne gjøre det lettere å fjerne steinen i plommene. Ut fra litteraturstudier og en enkel test av høytrykksprosesserte delte plommer, er det ingen indikasjoner på at HP ikke kan nyttes for plommer; som delte plommer, puréer eller juice.





*Figur 14 Test med HP av plommer.*

## 4 Konklusjon

- Forsøkene viste at det er fullt mulig å høytrykksbehandle mos eller juice av bringebær uten negative utslag på viktige smakskomponenter, og med positive effekter på holdbarhet.
- Forsøk med høytrykksprosessering av bringebær i lake gav positive resultater.
- Et mindre HP-forsøk med plommer gav indikasjoner på at høytrykksprosessering kan være aktuelt å benytte på forskjellige plommebaserte produkter.
- Innsamling av informasjon om HP av frukt og bær, og resultatene fra forprosjektet, var så positive at det ble søkt om, og innvilget, støtte til et større prosjekt om «Økt utnyttelse av frukt og bær med høytrykksprosessering».
- Andre interessante produkter eller bruksområder som det kan/bør arbeides videre med i nye FoU-prosjekter er:
  - bær/frukt i lake, hvor laken er en juice av ulike bær og krydder
  - barnemat

## 5 Referanser

- Barrett, D.M. & B. Lloyd, (2012) Advanced preservation methods and nutrient retention in fruits and vegetables. *J Sci Food Agr.* **92**, pp. 7–22.
- Bermudez-Aguirre, D. & G.V. Barbosa-Canovas, (2011). An update on high hydrostatic pressure, from the laboratory to industrial applications. *Food Engineering Reviews*, **3**, pp. 44–61.
- Butz, P., I. Fernández Garc, R. Lindauer, S. Dieterich, A. Bognßr & B. Tauscher (2003). Influence of ultra high pressure processing on fruit and vegetable products. *Journal of Food Engineering*, **56**, pp. 233–236.
- Considine, K.M., A.L. Kelly, G.F. Fitzgerald, C. Hill & R.D. Sleator (2008). High-pressure processing - effects on microbial food safety and food quality. *Fems Microbiology Letters*, **281**, pp. 1–9.
- Eisenmenger, M.J. & J.I. Reyes-De-Corcuera (2009). High pressure enhancement of enzymes: A review. *Enzyme Microb Tech.*, **45**, pp. 331–347.
- Garcia-Palazon, A., W. Suthanthangjai, P. Kajda & I. Zabetakis (2004). The effects of high hydrostatic pressure on beta-glucosidase, peroxidase and polyphenoloxidase in red raspberry (*Rubus idaeus*) and strawberry (*Fragaria x ananassa*). *Food Chemistry*, **88**, pp. 7–10.
- Garcia-Parra, J., R. Masegosa, J. Delgado-Adamez, F. Gonzalez-Cebrino & R. Ramirez (2013). Effect of the thermal treatment and high pressure processing for the preservation of purées from two different cherry varieties ('Pico Negro' and 'Sweetheart') grown in Valle del Jerte (Spain). In *7th International Cherry Symposium. Plasencia (Spain)*, Oral presentation 27.06.2013.
- Gonzalez-Cebrino, F., J. Garcia-Parra, R. Contador, R. Tabla & R. Ramirez (2012). Effect of high-pressure processing and thermal treatment on quality attributes and nutritional compounds of "Songold" plum puree. *J Food Sci.*, **77**, pp. C866–873.
- Knorr, D. (1995). Hydrostatic pressure treatment of food: microbiology. In *Blackie Academic & Professional*, pp. 159–175.
- Kovac, K., M. Diez-Valcarce, M. Hernandez, P. Raspor & D. Rodríguez-Lázaro (2010). High hydrostatic pressure as emergent technology for the elimination of foodborne viruses. *Trends in Food Science & Technology*, **21**, pp. 558–568.
- Miguel-Pintado, C., S. Nogales, A.M. Fernandez-Leon, J. Delgado-Adamez, T. Hernandez, M. Lozano, F. Canada-Canada & R. Ramirez (2013). Effect of hydrostatic high pressure processing on nectarine halves pretreated with ascorbic acid and calcium during refrigerated storage. *Lwt-Food Science and Technology*, **54**, pp. 278–284.
- Nielsen, H.B., A.-M. Sonne, K.G. Grunert, D. Banati, A. Pollák-Tóth, Z. Lakner, N.V. Olsen, T.P. Žontar & M. Peterman (2009). Consumer perception of the use of high-pressure processing and pulsed electric field technologies in food production. *Appetite*, **52**, pp. 115–126.
- Oey, I., M. Lille, A. Van Loey & M. Hendrickx (2008). Effect of high-pressure processing on colour, texture and flavour of fruit- and vegetable-based food products: a review. *Trends in Food Science & Technology*, **19**, pp. 320–328.
- Rendueles, E., M.K. Omer, O. Alvseike, C. Alonso-Calleja, R. Capita & M. Prieto (2011). Microbiological food safety assessment of high hydrostatic pressure processing: A review. *LWT - Food Science and Technology*, **44**, pp. 1251–1260.
- San Martin, M.F., G.V. Barbosa-Canovas & B.G. Swanson (2002). Food processing by high hydrostatic pressure. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **42**, pp. 627–645.
- Santos, M.C., C. Nunes, J. Cappelle, F.J. Goncalves, A. Rodrigues, J.A. Saraiva & M.A. Coimbra (2013). Effect of high pressure treatments on the physicochemical properties of a sulphur dioxide-free red wine. *Food Chem.*, **141**, pp. 2558–2566.

- Sulaiman, A. & F.V.M. Silva (2013). High pressure processing, thermal processing and freezing of 'Camarosa' strawberry for the inactivation of polyphenoloxidase and control of browning. *Food Control*, **33**, pp. 424–428.
- Suthanthangjai, W., P. Kajda & I. Zabetakis (2005). The effect of high hydrostatic pressure on the anthocyanins of raspberry (*Rubus idaeus*). *Food Chemistry*, **90**, pp. 193–197.
- Verbeyst, L., K. Van Crombruggen, I. Van der Plancken, M. Hendrickx & A. Van Loey (2011). Anthocyanin degradation kinetics during thermal and high pressure treatments of raspberries. *Journal of Food Engineering*, **105**, pp. 513–521.

