

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP





## FORORD

Denne masteroppgaven markerer slutten på min utdanning ved Institutt for kjemi, bioteknologi og matvitenskap (IKBM) på Universitetet for miljø og biovitenskap (UMB). Oppgaven ble utført våren 2013 og er en del av prosjektet *Høytrykksprosessering – skånsom prosess for trygg, sunn og smakfull mat* i samarbeid med blant annet Nofima, TINE, Stabburet og FellesJuice. Prosjektet har som mål å gi en oversikt over muligheter og skaffe kunnskap for å kunne ta i bruk høytrykksprosessering på landbruksbaserte råvarer. Forhåpentligvis vil denne masteroppgaven kunne bidra til dette formålet.

Mosing av bær, høytrykksprosesseringen og varmebehandling, samt mikrobiologisk analyse og bildetaking med DigiEye ble utført ved Nofima i Stavanger. Pressing av juice, analyse av enzymaktivitet, Lab-verdier, innhold av anthocyaniner og askorbin-syre og måling av pH og °Brix ble gjort ved Nofima i Ås. FellesJuice utførte de sensoriske analysene.

Ved veis ende ønsker jeg å rette en stor takk til min hovedveileder ved Nofima, Ås, Kjersti Aaby. Hennes råd og tilbakemeldinger gjennom arbeidet har vært uvurderlige. Jeg vil også rette en stor takk til Tone Mari Rode og Maria Befring Hovda ved Nofima, Stavanger, for god hjelp og veiledning under og etter opphold der. Ane Meisland og Mona Ringstad takkes for god hjelp på laboratoriet. I tillegg vil jeg takke FellesJuice for utførelse av sensorisk bedømmelse av jordbærproduktene. Det rettes også en takk til veileder ved UMB, Trude Wicklund.

Til slutt fortjener Martin Holøymoen, venner og familie en stor takk for den tålmodighet og støtte de har vist under arbeidet med masteroppgaven.

Ås, 04.05.2013

Ingunn Haugland Grimsbo



## SAMMENDRAG

Hensikten med denne oppgaven var å undersøke effekten av høytrykksbehandling på nyprosesserte og lagrede jordbærprodukter (*Fragaria x ananassa* Duch, cv. Senga Sengana). Ved bruk av to ulike produkter, mos og juice, ble det også vurdert hvorvidt innholdsstoffenes stabilitet er avhengig av produktmatriks. Jordbærmos ble høytrykksbehandlet ved 400, 500 og 600 MPa i 1,5 og 3 minutter. Juice ble behandlet ved 400, 500 og 600 MPa i 3 minutter, samt 500 MPa i 1,5 minutt. Høytrykksbehandlede prøver ble sammenlignet med tilsvarende ubehandlet kontrollprøve og tradisjonelt varmebehandlet produkt (85 °C, 2 min). Effekten av prosessering og lagring ble bestemt med hensyn til totalt kimtall, mugg og gjær, pH, °Brix, aktivitet av polyfenoloksidase (PPO), totale monomere anthocyaniner (TMA) og farge (CIELab) etter 0, 14, 35 og 49 dagers lagring ved 6 °C. Innhold av askorbinsyre (C-vitamin) ble analysert etter 0, 14 og 35 dager. Sensorisk profilering ble utført på kontroll etter 0 dager og prosesserte prøver etter 35 dagers lagring.

400 MPa i 1,5 minutt var ikke tilstrekkelig for å hindre gjærvekst i jordbærmos. 49 dagers lagring ved 6 °C ga også muggvekst i mos behandlet ved 400, 500 og 600 MPa i 3 minutter, noe som kan indikere at produktene ikke er egnet for så lang holdbarhet.

Varmebehandling ga økt stabilitet med hensyn til TMA- og fargetap i mos, og ga ikke økt PPO-aktivitet. Høytrykksbehandlingen ga derimot økt PPO-aktivitet under lagring og hadde uheldig virkning på fargeegenskapene. TMA-tapet gikk også raskere i disse prøvene sammenlignet med varmebehandlet mos. Etter 14 dagers lagring var det signifikant mindre TMA i høytrykksbehandlet mos enn i varmebehandlet. For juice var det av mindre betydning om man velger høyt trykk eller høy temperatur, da det ikke var PPO-aktivitet i prøvene. Det var heller ikke forskjell i nedbrytningshastigheten av TMA. Ulikt trykk var ikke av betydning for TMA-tapet.

Dersom man ønsker produkter med en viss holdbarhet, var det med hensyn til askorbinsyreinnhold av liten betydning om man velger trykk eller varme som konserveringsmetode. Etter 14 dagers lagring var det svært små og etter 35 ikke-detekterbare mengder i alle prøver.

I den sensoriske profileringen ble varmebehandlet mos dømt som søtere enn mos behandlet ved 400 og 600 MPa, mens kontroll var søtere enn all trykkbehandlet mos. Dette samsvarer med lavere pH i de mindre søte prøvene. Mos behandlet ved 500 og 600 MPa hadde mer typisk jordbærsmak enn mos behandlet ved 400 MPa. I tillegg hadde sistnevnte mer bismak. Kontroll var lysere enn de andre prøvene, mens varmebehandlet mos og mos behandlet ved 400 og 600 MPa var mer gråbrun enn kontroll. Når det gjelder juicen, var kontroll friskere enn de andre prøvene og hadde mer typisk jordbærsmak enn juice behandlet ved 400 og 600 MPa. Kontrolljuice var i tillegg lysere og klarere. Det var ingen signifikante forskjeller mellom prosesserte juiceprøver.

---

*Nøkkelord:* Høytrykksprosessering (HP), varmebehandling (VB), lagring, *Fragaria x ananassa* Duch, jordbærmos og -juice, polyfenoloksidase (PPO), totale monomere anthocyaniner (TMA), farge, askorbinsyre, pH, °Brix, DigiEye, sensorisk profilering.

**ABSTRACT**

The aim of this study was to investigate the effect of high pressure treatment on newly processed and stored strawberry products (*Fragaria x ananassa* Duch, cv. Senga Sengana). By using two different products, mash and juice, it was also assessed whether the stability of the ingredients depend on the product matrix. Strawberry mash was processed at 400, 500 and 600 MPa for 1.5 and 3 minutes. Juice was processed at 400, 500 and 600 MPa for 3 minutes and 500 MPa for 1.5 minute. Pressure-treated samples were compared with a corresponding untreated control sample and traditional heat treated products (85 ° C, 2 min). The effect of processing and storage were assayed for total plate count, molds and yeasts, pH, °Brix, activity of polyphenol oxidase (PPO), total monomeric anthocyanins (TMA) and color (CIELAB) after 0, 14, 35 and 49 days of storage at 6 °C. Content of ascorbic acid (vitamin C) was analyzed after 0, 14 and 35 days. Sensory profiling was performed on the control samples after 0 days and processed samples after 35 days of storage.

400 MPa for 1.5 minute was not sufficient to prevent yeast growth in strawberry mash. 49 days of storage at 6 °C resulted in mold growth in samples treated with 400, 500 and 600 MPa for 3 minutes, which may indicate that the products are not suitable for such a long shelf life.

Heat treatment resulted in increased stability with respect to TMA and color loss in the mash, and did not increase the PPO activity. High pressure treatment did, however, increase the PPO activity during storage and had unfortunate effect on the color properties. TMA loss also went faster in these samples than in the heat-treated mash. After 14 days of storage the TMA content in pressure treated mash was significantly lower than in heat treated. With regard to the juice, it was of minor importance whether one requires high pressure or high temperature as preservation method, as it was no PPO activity in the juice. Nor was there any difference in the degradation rate of TMA. Different pressure was of no significance for the loss of TMA.

If products with a certain shelf life are desired, it was, regarding the ascorbic acid, of little importance whether one chooses pressure or heat as preservation method. After 14 days of storage there was minor, and after 35 non-detectable amounts of ascorbic

acid, in all samples.

In the sensory profiling the heat-treated mash was evaluated as sweeter than mash treated at 400 and 600 MPa, while the control was sweeter than all pressure treated mash. This corresponds to the lower pH in the less sweet samples. Mash treated with 500 and 600 MPa had more typical strawberry flavor than mash treated with 400 MPa. 400 MPa also gave a bitterer aftertaste in the mash. Control mash was brighter than the other samples, while heat treated mash and mash treated with 400 and 600 MPa was more grey-brownish than the control. The control juice was fresher than the other juice samples, and had more typical strawberry flavor than juice treated with 400 and 600 MPa. Control juice was also brighter and clearer. There were no significant differences between the processed juice samples.

---

*Key words:* High pressure processing (HPP), heat treatment, storage, *Fragaria x ananassa* Duch, strawberry mash and juice, polyphenol oxidase (PPO), anthocyanins (TMA), color, ascorbic acid, pH, °Brix, DigiEye, sensory profiling



# INNHALDSFORTEGNELSE

<b>1. INNLEDNING.....</b>	<b>1</b>
<b>2. LITTERATURDEL .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Høytrykksprosessering.....</b>	<b>2</b>
2.1.1. Prinsipp.....	3
2.1.2. Trykkets virkning.....	3
2.1.3. Prosesseringsutstyr .....	8
<b>2.2. Jordbær og effekt av høytrykksprosessering.....</b>	<b>9</b>
2.2.1. Senga Sengana.....	9
2.2.2. Mikroorganismer knyttet til jordbær .....	10
2.2.3. Farge og sensorisk kvalitet i jordbær .....	11
2.2.4. Anthocyaniner i jordbær.....	15
2.2.5. Enzymaktivitet i jordbær .....	20
2.2.6. Askorbinsyreinnhold i jordbær.....	25
<b>3. FORSØKSDESIGN, MATERIALER OG METODER.....</b>	<b>29</b>
<b>3.1. Materialer og prosessering.....</b>	<b>29</b>
3.1.1. Produksjon av jordbærmos .....	29
3.1.2. Produksjon av jordbærjuice .....	31
3.1.3. Høytrykksprosessering .....	33
3.1.4. Varmebehandling.....	34
3.1.5. Lagring.....	34
<b>3.2. Forsøksoppsett.....</b>	<b>34</b>
<b>3.3. Analyser .....</b>	<b>37</b>
3.3.1. Mikrobiologiske analyser .....	37
3.3.2. pH og °Brix .....	37
3.3.3. Enzymaktivitet av polyfenoloksidase (PPO).....	38
3.3.4. Totale monomere anthocyaniner (TMA) .....	40
3.3.5. Askorbinsyre.....	43
3.3.6. Fargemåling.....	47
3.3.7. Sensorisk bedømmelse .....	47
3.3.8. Statistisk analyse.....	49
<b>4. RESULTATER.....</b>	<b>51</b>
<b>4.1. Jordbærmos .....</b>	<b>51</b>
4.1.1. Mikrobiologisk vekst .....	51
4.1.2. pH- og °Brix-verdier .....	53
4.1.3. PPO-aktivitet.....	54
4.1.4. TMA-innhold .....	55
4.1.5. Askorbinsyreinnhold.....	55
4.1.6. Farge.....	57
4.1.7. Sensorisk profilering av jordbærmos .....	61
<b>4.2. Effekt av trykk, holdetid og lagring på farge og innholdsstoffer i     høytrykksbehandlet jordbærmos .....</b>	<b>63</b>
<b>4.3. Jordbærjuice.....</b>	<b>67</b>

4.3.1. Mikrobiologisk vekst .....	67
4.3.2. pH- og °Brix-verdier .....	68
4.3.3. PPO-aktivitet .....	69
4.3.4. TMA-innhold .....	69
4.3.5. Askorbinsyreinnhold .....	70
4.3.6. Farge .....	71
4.3.7. Sensorisk profilering av jordbærjuice .....	74
<b>4.4. Effekt av trykk, holdetid og lagring på farge og innholdsstoffer i høytrykksbehandlet jordbærjuice .....</b>	<b>76</b>
<b>4.5. Sammenligning av mos og juice .....</b>	<b>80</b>
<b>4.6. Korrelasjoner .....</b>	<b>85</b>
4.6.1. Korrelasjoner mellom jordbærmosens egenskaper .....	85
4.6.2. Korrelasjoner mellom jordbærjuicens egenskaper .....	87
<b>5. DISKUSJON .....</b>	<b>89</b>
<b>5.1. Mikrobiologisk vekst .....</b>	<b>89</b>
<b>5.2. pH og °Brix .....</b>	<b>90</b>
<b>5.3. PPO-aktivitet .....</b>	<b>91</b>
<b>5.4. TMA-innhold .....</b>	<b>93</b>
<b>5.5. Askorbinsyreinnhold .....</b>	<b>96</b>
<b>5.6. Farge .....</b>	<b>98</b>
<b>5.7. Sensoriske egenskaper .....</b>	<b>101</b>
5.7.1. Profilering av jordbærmos .....	101
5.7.2. Profilering av jordbærjuice .....	103
<b>5.8. Feilkilder .....</b>	<b>104</b>
<b>5.9. Nytteverdi og praktisk anvendelse av forsøksresultatene .....</b>	<b>106</b>
<b>5.10. Videre arbeid .....</b>	<b>107</b>
<b>6. KONKLUSJON .....</b>	<b>109</b>
<b>7. LITTERATURLISTE .....</b>	<b>111</b>

## TABELLISTE

<b>3.1. Forsøksoppsett for mos .....</b>	<b>35</b>
<b>3.2. Forsøksoppsett for juice .....</b>	<b>36</b>
<b>3.3. Oversikt over gjennomførte analyser av jordbærmos og -juice .....</b>	<b>37</b>
<b>4.1. Totaltall (log cfu/ml) i jordbærmos .....</b>	<b>51</b>
<b>4.2. Gjærvekst (log cfu/ml) i jordbærmos .....</b>	<b>52</b>
<b>4.3. Muggvekst (log cfu/ml) i jordbærmos .....</b>	<b>53</b>
<b>4.4. pH-verdier i jordbærmos .....</b>	<b>53</b>
<b>4.5. °Brix-verdier i jordbærmos .....</b>	<b>54</b>
<b>4.6. PPO-aktivitet (abs/min/g prøve) i jordbærmos .....</b>	<b>54</b>
<b>4.7. TMA-innhold (mg CGE/100 g prøve) i jordbærmos .....</b>	<b>55</b>
<b>4.8. Totalt askorbinsyreinnhold (mg/100 g prøve) i jordbærmos .....</b>	<b>56</b>
<b>4.9. L-askorbinsyreinnhold (mg L-AA/100 g prøve) i jordbærmos .....</b>	<b>56</b>

4.10. Dehydroaskorbinsyreinnhold (mg DHAA/100 g prøve) i jordbærmos .....	57
4.11. L*-verdier i jordbærmos .....	58
4.12. °Hue-verdier i jordbærmos .....	58
4.13. Chroma-verdier i jordbærmos .....	59
4.14. AF-verdier i jordbærmos .....	59
4.15. Signifikansverdier for hoved- og samspillseffekter for høytrykksbehandlet jordbærmos med signifikans .....	64
4.16. Hovedeffekter for høytrykksbehandlet jordbærmos .....	64
4.17. Tofaktorsamspill med trykk og lagringstid for høytrykksbehandlet bærmos....	66
4.18. Totaltall (log cfu/ml) i jordbærjuice .....	67
4.19. Gjærvekst (log cfu/ml) i jordbærjuice .....	68
4.20. Muggvekst (log cfu/ml) i jordbærjuice .....	68
4.21. pH-verdier i jordbærjuice .....	68
4.22. °Brix-verdier i jordbærjuice .....	69
4.23. TMA-innhold (mg CGE/100 g prøve) i jordbærjuice .....	69
4.24. Totalt askorbinsyreinnhold (mg/100 g prøve) i jordbærjuice .....	70
4.25. L-askorbinsyreinnhold (mg L-AA/100 g prøve) i jordbærjuice .....	70
4.26. Dehydroaskorbinsyreinnhold (mg DHAA/100 g prøve) i jordbærjuice .....	71
4.27. L*-verdier i jordbærjuice .....	71
4.28. °Hue-verdier i jordbærjuice .....	72
4.29. Chroma-verdier i jordbærjuice .....	72
4.30. AF-verdier i jordbærjuice .....	73
4.31. Signifikansverdier for hoved- og samspillseffekter for høytrykksbehandlet jordbærjuice .....	77
4.32. Hovedeffekter for høytrykksbehandlet jordbærjuice .....	77
4.33. Tofaktorsamspill med trykk og lagringstid for høytrykksbehandlet bærjuice...	79
4.34. Signifikansverdier for hoved- og samspillseffekter for varme- og høytrykksbehandlet mos og juice .....	81
4.35. Hovedeffekter for jordbærmos og -juice .....	81
4.36. Trefaktorsamspill (materiale*behandling*lagringstid) for varme- og høytrykksbehandlet jordbærmos og -juice .....	83
4.37. Pearsons korrelasjoner med p-verdi mellom utvalgte analyser og kvalitetsegenskaper i jordbærmos .....	86
4.38. Pearsons korrelasjoner med p-verdi mellom utvalgte analyser og kvalitetsegenskaper i jordbærjuice .....	87

## FIGURLISTE

2.1. Høytrykksbehandling av emballert juice .....	3
2.2. Trykket fordeler seg jevnt over hele mikroorganismen .....	4
2.3. Trykk-temperatur-diagram over virkning på enzymer .....	7
2.4. Høytrykksanlegg med 215 liters kapasitet og makstrykk 600 MPa .....	9
2.5. CIE-fargesystemet (CIELab-plot) med L*a*b*-verdier, °Hue og Chroma .....	11
2.6. Generell anthocyaninstruktur .....	16
2.7. Anthocyaninformer avhengig av pH-verdi .....	18
2.8. Polyfenoloksidase-reaksjonsvei .....	22

2.9. Oksidasjon av L-askorbinsyre .....	26
3.1. Jordbærmos før pakking .....	29
3.2. Ferdig pakket og prosessert jordbærmos .....	29
3.3. Skjematisk oversikt over produksjonen av jordbærmos .....	30
3.4. Pressing av jordbærjuice ved Nofima, Ås .....	31
3.5. Skjematisk oversikt over produksjonen av jordbærjuice .....	32
3.6. Høytrykksforsøksanlegg ved Nofima, Stavanger .....	33
3.7. Plassering av jordbærprøve i trykkammer .....	33
3.8. Profileringsskjema benyttet ved bedønning av jordbærmos .....	48
4.1. DigiEye-bilder jordbærmos dag 14 .....	60
4.2. DigiEye-bilder jordbærmos dag 49 .....	60
4.3. Spiderplott for profilering av jordbærmos .....	61
4.4. DigiEye-bilder jordbærjuice dag 0 .....	73
4.5. DigiEye-bilder jordbærjuice dag 49 .....	74
4.6. Spiderplott for profilering av jordbærjuice .....	75
4.7. Ubehandlet jordbærjuice dag 0 .....	76
4.8. 600-3-jordbærjuice dag 35 .....	76

## VEDLEGG

1. Egenskapsforklaringer benyttet i sensorisk profilering av jordbærmos og – juice .....	I
2. a*- og b*-verdier for jordbærmos og -juice målt med LabScan XE-fargemåler. ....	II
3. DigiEye-bilder av jordbærmos etter 0 og 35 dagers lagring .....	IV
4. Sensorikk mos: tabeller over gjennomsnitt, høyeste og laveste poeng gitt og standardavvik for hver enkelt egenskap pr. prøve .....	V
5. Sensorisk profilering mos: To-veis ANOVA med Tukeygruppering .....	VIII
6. PCA-plott for sensorisk profilering av jordbærmos .....	IX
7. Tofaktor- og trefaktorsamspill for trykkbehandlet jordbærmos .....	X
8. DigiEye-bilder av jordbærjuice etter 35 dagers lagring .....	XII
9. Sensorisk profilering juice: ANOVA General Linear Model rådata .....	XIII
10. Sensorikk juice: tabeller over gjennomsnitt, høyeste og laveste poeng gitt og standardavvik for hver enkelt egenskap pr. prøve .....	XXIII
11. PCA-plott for sensorisk profilering av jordbærjuice .....	XXVI
12. Tofaktorsamspill for høytrykksbehandlet jordbærjuice .....	XXVII
13. Tofaktorsamspill for høytrykksbehandlet jordbærmos og –juice .....	XXIX

## 1. INNLEDNING

Økt etterspørsel etter minimalt prosessert mat uten tilsetningsstoffer, helst uten at det reduserer holdbarheten, har ført til økt fokus på alternativer til tradisjonelle konserveringsmetoder som varmebehandling (Smelt 1998). Høytrykksprosessering (HP) er en av metodene som i denne sammenheng vies større oppmerksomhet. Dette er en relativt ny teknologi som benyttes for å gi økt holdbarhet og eventuelt inaktivere mikroorganismer. Ved bruk av høyt trykk ivaretar man matens helsemessige og sensoriske egenskaper bedre. Høytrykksbehandlingen bevarer dermed næringsmidlets opprinnelige kvalitet, samtidig som mattryggheten ivaretas.

På grunn av høyt innhold av fytokjemikalier, særlig askorbinsyre (vitamin C) og fenoler, er jordbær sunt. Flere studier har vist at jordbær kan redusere risikoen for kroniske sykdommer som slag, hjerte- og karsykdommer og kreft (i Hannum, 2004). Jordbæra spises hovedsakelig ferske, men på grunn av kort sesong, blir mye også fryst ned og videreforedlet (Nes and Hageberg, 2005). Det er ønskelig å bevare bæras innholdsstoffer og estetiske kvalitet under denne prosesseringen (Verbeyst et al., 2012). Studier viser at selv om varmebehandling inaktiverer enzymer, som under lagring bryter ned pigmenter, gir den høye temperaturen tap av farge og næringsstoffer (Mermelstein, 1997, Burrows, 2001, Gössinger et al., 2009b). Det er ønskelig at høytrykksbehandlingen skal gi tilstrekkelig inaktivering av disse enzymene for å hindre nedbryting av innholdsstoffer i jordbær under lagring.

Hensikten med denne oppgaven er å undersøke effekten av høytrykksbehandling på to ulike, nyprosesserte og lagrede, jordbærprodukter. Effekten skal bestemmes med hensyn til enzymaktivitet, mikroorganismer, anthocyaniner, farge, askorbinsyre og sensoriske egenskaper. Ved bruk av to ulike produkter, bærmos og juice, kan man videre finne ut om innholdsstoffenes stabilitet er avhengig produktmatriks. De høytrykksbehandlede produktene skal sammenlignes med tilsvarende ubehandlet og tradisjonelt varmebehandlet produkt. Med dette er det ønskelig å dokumentere om høyt trykk bevarer jordbæras naturlige egenskaper bedre enn varmebehandling under prosessering og lagring. Resultatene vil forhåpentligvis kunne være til nytte for å utvikle optimal behandling av jordbær.

## **2. LITTERATURDEL**

Ved konvensjonell varmebehandling av fruktjuice og –mos eller syltetøy, benyttes normalt temperaturer fra 70 til 121 °C i 30-120 sekunder (Cao et al., 2011)<sup>1</sup>. Slik temperatur gir tap av farge, tekstur, smak og næringsstoffer, da cellestrukturen forstyrres og bæra utsettes for både enzymatisk og ikke-enzymatisk oksidasjon (Kalt, 2005). Oksidasjonen resulterer for eksempel i nedbryting av innholdsstoffer som flavonoider og askorbinsyre (Zafrilla et al., 2001). Det er ønskelig å redusere slike endringer og en løsning kan være å benytte mer skånsomme konserveringsmetoder som høytrykksbehandling.

### **2.1. Høytrykksprosessering**

Allerede i 1899 ble det gjort forsøk med høytrykksbehandling på melk, juice, kjøtt og frukt i USA (Fellows, 2008). Mikroorganismene som var til stede ble ødelagt når produktene ble utsatt for trykk på 650 MPa (6500 atm) i 10 minutter. Ulempen viste seg for øvrig å være at enzymer og sporer i stor grad ikke lot seg påvirke av det høye trykket. Det var også vanskelig å overføre behandlingen til kommersiell bruk.

Først på 1970- og 80-tallet ble høytrykkspressene forbedret og emballasjemateriale utviklet til å tåle behandlingen (Fellows, 2008). De første kommersielle høytrykksprosesserte matvarene på markedet var syltetøy og juice. Syltetøyet hadde en holdbarhet på to måneder, men måtte oppbevares ved kjøletemperatur for å hindre bruningsreaksjoner som følge av enzymaktivitet. I dag finnes flere høytrykksbehandlede produkter på det internasjonale markedet, blant grønnsaker (36 %), kjøtt (36 %), fisk og sjømat (16 %) og juice (7 %) (Nofima, 2012, pers. komm.). I 2009 ble 250 000 tonn mat høytrykksprosessert og i 2012 fantes det 193 høytrykksmaskiner i verden, 25 % i Europa og 55 % i USA. I 2012 kom også det første høytrykksprosesserte produktet på det norske markedet (Sunniva, u.å.). Denne juicen ble trukket fra markedet etter en periode.

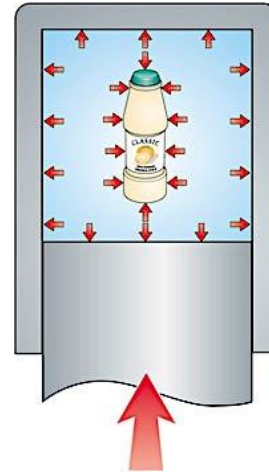
---

<sup>1</sup> Der ikke annet er gitt, gjelder én referanse for samtlige påstander fram til neste referanse.

### 2.1.1. Prinsipp

Høytrykksprosessering betyr å utsette flytende eller faste næringsmidler, med eller uten emballasje, for trykk mellom 100 og 1000 MPa, normalt med vann som medium (Fellows, 2008).

Når man utsetter mat senket ned i en væske for høyt trykk, fordeles trykket umiddelbart og jevnt i hele produktet uavhengig av form og størrelse (Fellows, 2008). Figur 2.1. viser dette prinsippet, hvor pilene illustrerer det isostatiske trykket. Dette er et viktig fortrinn sammenlignet med mange andre konserveringsmetoder. Mikrobølger og konvensjonell varmebehandling<sup>2</sup> gir for eksempel ikke like jevn behandling som høytrykksbehandlingen.



**Figur 2.1.** Høytrykksbehandling av emballert juice (Avure, u.å.-b).

Trykktiden kan variere fra millisekunder til over 20 minutter (Smelt, 1998). Temperaturen under behandlingen kan variere fra under 0 °C, hvilket minimerer effekten av adiabatisk varme, til temperaturer over 100 °C (Farkas and Hoover, 2000). Adiabatisk varme er den varmen som utvikles under høytrykksbehandlingen. Temperaturen øker ca. 3 °C per 100 MPa, men her er matens sammensetning av betydning.

### 2.1.2. Trykkets virkning

Videre gis en generell beskrivelse av effekten av høytrykksbehandling. Kapittel 2.2. gir en beskrivelse av effekten i jordbær spesielt.

#### 2.1.2.1. Effekt på matens innholdsstoffer

Å konservere med høyt trykk gir trygg mat med forlenget holdbarhet (Nofima, 2012 pers. kommunikasjon). I tillegg er det påstått at høytrykksproduktene generelt blir friskere enn tilsvarende varmebehandlede produkter, da farge, smak, vitaminer og

<sup>2</sup> Konvensjonell varmebehandling regnes her som høypasteurisering ved 85 °C eller tilsvarende, eller lavpasteurisering ved 72 °C i 15 sek eller tilsvarende (Fellows, 2008).

andre næringsstoffer bevares bedre. Dette skyldes hovedsakelig at høytrykk er en ikke-termisk behandling.

Konvensjonell varmebehandling kan for øvrig være en mer intensiv behandling og gi bedre drapeseffekt på mikroorganismer enn høytrykksbehandling (Heinz and Buckow, 2010). Til gjengjeld virker trykket, som nevnt, umiddelbart og gir mindre strukturendringer i næringsmidlene (Hendrickx et al., 1998). Dette skyldes at høyt trykk virker på ikke-kovalente kjemiske bindinger, for eksempel hydrofobe bindinger, hydrogenbindinger og ionebindinger, mens de kovalente bindingene forblir intakte. Varmebehandling påvirker derimot både kovalente og ikke-kovalente bindinger. Det betyr at molekyler som bidrar til farge og tekstur, samt viktige næringsstoffer i maten, i liten grad påvirkes av trykket, mens den mikrobielle aktiviteten inaktiveres (Fellows, 2008). Dersom høytrykksbehandlingen utføres ved lave temperaturer, hindrer man altså varmedenaturering. Prosesseringen sikrer på den måten et trygt produkt av høy kvalitet. Det henvises til kapittel 2.2. for en mer detaljert beskrivelse av høytrykkets effekt på matens innholdsstoffer.

### **2.1.2.2. Effekt på mikroorganismer**

Generelt vil moderat høyt trykk over 400 MPa drepe eller inaktivere vegetative bakterier, mugg- og gjærsopp (Terefe et al., 2010). Det betyr at man, ved hjelp av høytrykksbehandling, kan inaktivere de fleste fordervelseskarakterer og infeksjøs matbårne patogene mikroorganismer. Effekten av trykket på mikroorganismer og enzymer i maten er for øvrig avhengig av trykkets effekt på vann, matens sammensetning, temperatur under behandlingen, i tillegg til mikroorganismens egenskaper og fysiologiske tilstand (Smelt, 1998).

Som for selve produktet, og som figur 2.2. illustrerer, vil trykket fordele seg jevnt over hele bakteriecellen, men nøyaktig hvordan høytrykksbehandlingen virker på mikroorganismene er ikke fullstendig kjent (Fellows, 2008, Stevens, 2009). Det man vet er at høyt trykk fører til at intracellulære vakuoler kollapser og at cellevegger og



**Figur 2.2.** Trykket fordeler seg jevnt over hele mikroorganismen (Stevens, 2009).



cytoplasmamembraner ødelegges. Dette fører til at mikroorganismene lyserer og dør. De cellene som overlever selve trykkbehandlingen, får store skader og blir mer følsomme for ugunstige miljøforhold (Smelt, 1998).

De trykkinduserte endringene innebærer altså at cellemorfologien endres og cellevolumet reduseres. Celledelingshastigheten vil avta og cellemembranene skades, slik at blant annet aminosyreopptaket inhiberes (Smelt 1998). Membranene får også økt permeabilitet og det oppstår lekkasje av intracellulære komponenter. Jo større lekkasjen er, desto større blir skadene og desto flere celler dør.

Når det gjelder effekten på genetiske mekanismer, er DNA og RNA svært resistent overfor trykk, da DNA-dobbelheliksen tåler relativt høyt trykk (Patterson, 2005). Likevel har undersøkelser, blant annet på *Listeria monocytogenes* og *Salmonella Typhimurium*, vist ødeleggelse av nukleært materiale ved høytrykksbehandling (Smelt 1998). En teori er at DNA ved høyt trykk kommer i kontakt med endonukleaseenzymer som kutter DNA-et. Dette kan føre til at cellene ikke klarer å formere seg. En annen hypotese er at enzymene som er involvert i DNA-replikasjon og -transkripsjon forstyrres av det høye trykket.

Som for bakterier, inaktiveres mugg og gjær ved at trykket forstyrrer cellulære strukturer og permeabiliteten til cellemembranene (Perrier-Cornet and Hayert, 1999). I tillegg har gjær og eukaryote celler mitokondrier som påvirkes av det høye trykket, trolig ved at cytokrom c frigis fra mitokondriene (Brul et al., 2000). Cytokrom c-proteinet er forbundet med apoptose og celledød.

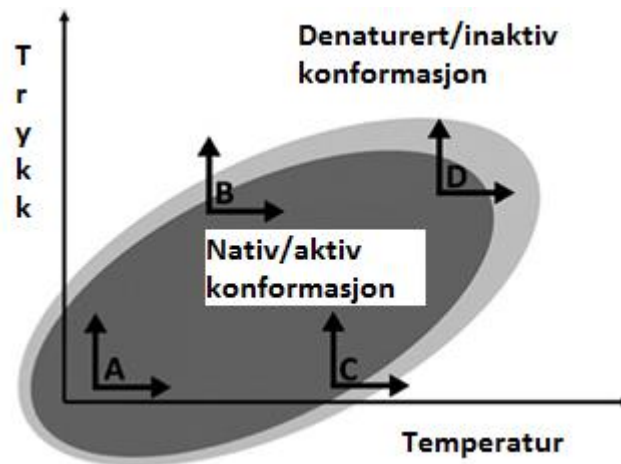
Virkingen av trykkbehandlingen er naturlig nok avhengig av trykknivået (Smelt 1998). Undersøkelser har vist at et hydrostatisk trykk mellom 30 og 50 MPa kan påvirke proteinsyntesen og genuttrykket. Ved 100 MPa ble kjernemembranen hos gjær påvirket og ved trykk over 400-600 MPa ble det også observert endringer i mitokondriene og cytoplasma. Ved trykk over 300 MPa frigis i tillegg metallioner. Trykket kan også kombineres med varmebehandling for å øke graden av mikrobe- og enzyminaktivering, men kjemiske endringer kan da oppstå som en funksjon av tid og temperatur (Farkas og Hoover 2000).

### **2.1.2.3. Effekt på enzymer**

Som nevnt gir høytrykksbehandling generelt lite endring i farge og innholdsstoffer sammenlignet med varmebehandling. Endringene kan derimot være større under lagring på grunn av restaktivitet av trykkstabile enzymer som oksiderer pigmenter og næringsstoffer (Oey et al., 2008a). Noen enzymer inaktiveres ved svært lave trykk, mens noen fortsatt er aktive, og til og med får økt aktivitet, etter behandling ved 1000 MPa. Både polyfenoloksidase (PPO), som tas opp i kapittel 2.2.5, og peroksidase (POD) er relativt trykkstabile enzymer (Fellows, 2008, Tomás-Barberán and Espin, 2001). PPO har vist seg å tåle opptil 1200 MPa i 10 minutter, men dette avhenger av blant annet råvare (Knorr, 1993). PPO i potet er for eksempel langt mer trykkstabile enn PPO i jordbær (Gomes and Ledward, 1996, Hendrickx et al., 1998).

Endringer i enzymaktivitet på grunn av trykk kan deles i tre kategorier (Eisenmenger and Reyes-De-Corcuera, 2009, Terefe et al., 2010). Den ene er direkte endring og denaturering av enzymstrukturen som resultat av det høye trykket. Trykket kan føre til både dannelse og ødeleggelse av intramolekylære bindinger som påvirker proteinets struktur, stabilitet og funksjonalitet. Den andre kategorien er endringer i substratets fysiske egenskaper, for eksempel tetthet, viskositet, fase og pH, som igjen påvirker enzymene. Den tredje kategorien innebærer endringer i reaksjonsmekanismer. Disse endringene kan føre til at enzymene mister sin katalyserende evne, men også til at evnen stabiliseres eller styrkes.

Høytrykk kan altså både inaktivere, aktivere og stabilisere enzymer. Dette er vist i figur 2.3., der nativt enzym er innenfor den mørkegrå ellipsen, mens denaturert enzym er utenfor (Eisenmenger and Reyes-De-Corcuera, 2009). I den lysegrå sonen er denatureringen reversibel. Punkt A-D illustrerer at økt trykk og temperatur kan ha, avhengig av initiale forhold og omfanget av økningen, både denaturerende og stabiliserende virkning på enzymer. I punkt D vil både økt trykk og temperatur denaturere enzymene. For punkt C gir økt temperatur denaturering, mens økt trykk stabiliserer enzymet. I punkt B vil derimot økt temperatur stabilisere enzymet, mens økt trykk gir denaturering. Fra punkt A vil også moderat økt temperatur stabilisere enzymet.



**Figur 2.3.** Trykk-temperatur-diagram over virkning på enzymer. Nativt protein (enzym) i ellipsen og denaturert protein utenfor. Lys grå sone er reversibelt område (Eisenmenger and Reyes-De-Corcuera, 2009).

Trykkets stabiliserende evne innebærer trolig både hydrering av ladede grupper, forstyrning av bundet vann, intramolekylære interaksjoner og stabilisering av hydrogenbindinger (Boonyaratanakornkit et al., 2002). Mekanismene er fortsatt noe uklare, men en årsak til at enzymer stabiliseres kan være at trykk og temperatur har motstående virkning på hvorvidt proteinenes funksjonelle grupper evner å reagere med vann (Mozhaev et al., 1996). Høy temperatur og høyt trykk har altså antagonistisk effekt innenfor definerte trykk- og temperaturområder, som figur 2.3. illustrerte (Eisenmenger and Reyes-De-Corcuera, 2009). En hypotese er at høyt trykk gir mindre elektrostatiske interaksjoner og fremmer hydrering av ladede og upolare grupper (Mozhaev et al., 1996). Varmebehandling kan derimot føre til at proteinene mister vannmolekyler, som gir endringer i proteinstrukturen og inaktivering av enzymene. I tillegg kan hydrogenbindinger trolig styrkes av det høye trykket på grunn av reduksjon i interatomiske avstander, som da gir mindre molekylær størrelse (Kunugi, 1992). Trykk og varmebehandling påvirker også hydrofobe interaksjoner. En studie viste at høyt trykk styrker hydrofobe interaksjoner, da volumøkningen som finner sted gjør at hydrering av upolare overflatemolekyler ikke foretrekkes, hvilket virker stabiliserende (Gross and Jaenicke, 1994).

I studier hvor det er registrert en økning i PPO-aktivitet i ulike frukt og grønnsaker etter trykkbehandling, er en av teoriene at det frigjøres membranbundne enzymer eller at trykket gir endringer i interaksjoner med andre forbindelser (Asaka and Hayashi, 1991). Det er også foreslått at aktiveringen skyldes frigjøring av enzymer fra et

enzymhæmmerkompleks eller på grunn av strukturelle endringer i enzymstrukturen som aktiverer latente enzymer (Asaka et al., 1994). Enzymaktiviteten kan også øke ytterligere under påfølgende lagring (Soliva-Fortuny et al., 2002). Dette kan skyldes at flere latente enzymer aktiveres grunnet for eksempel proteolyse eller denaturerende forbindelser som virker under lagringen. Aktiveringen fremmes av nedbryting av vev, ødeleggelse av vakuoler og andre celleforstyrrelser under og etter prosessering. Forsøk har også vist at høyt trykk kan ha samme aktiverende virkning på PPO-aktivitet i jordbær (Eisenmenger and Reyes-De-Corcuera, 2009, Garcia-Palazon et al., 2004). Kapittel 2.2.5. går nærmere inn på dette.

### **2.1.3. Prosesseringsutstyr**

En av ulempene med høytrykksbehandling har vært de høye investeringskostnadene. I 1996 kostet et høytrykksanlegg for juice 20 ganger mer enn en platevarmeveksler med tilsvarende kapasitet (Manvell 1996 i Fellows, 2008). Siden den gang har høytrykksanleggene blitt rimeligere og i 2007 var det ca. 120 slike anlegg i verden, hvorav 80 % var anskaffet etter 2000. Både batch- og semikontinuerlige<sup>3</sup> behandlingsanlegg finnes på markedet og til tross for fortsatt høy investeringskostnad, er selve prosessen energieffektiv (Saiz et al., 2008, Fellows, 2008).

Hovedkomponentene i et høytrykksanlegg for næringsmidler er trykkammer, trykkgenereringssystem, temperaturkontroll, vannsystem og en bevegelig ramme (Avure, u.å.-a). Vannsystemet fungerer slik at vann i en beholder pumpes gjennom et varmelement styrt av temperaturkontrollen. Vannet varmes da eventuelt opp til valgt temperatur og sirkulerer i en adskilt kappe i trykkammeret. Trykkammeret kan også kjøles ned med kaldt vann. Kontrollsystemet styrer i tillegg valgt trykk og tid. Når produktet er plassert i trykkammeret og kammeret er lukket og låst med den bevegelige rammen, fylles kammeret med vann og trykksyklusen startes.

---

<sup>3</sup> Semikontinuerlige høytrykksanlegg har flere trykkammerer i samme anlegg og er mindre vanlig (Avure, u.å.-b, Fellows, 2008).

Avure Technologies og Hiperbaric er leverandører av høytrykksanlegg og tilbyr anlegg med ulik kapasitet. Det minste systemet fra Avure Technologies har en kapasitet på 2 liter (Avure, u.å.-b), tilsvarende testanlegget benyttet i dette prosjektet. Andre systemer som tilbys har kapasitet fra 35 til 687 liter, med ulike makstrykk. Figur 2.4. viser for eksempel et 215 liters anlegg med makstrykk på 600 MPa. Høytrykksanleggene har også forskjellige temperaturmuligheter. Maksimal trykkammer-temperatur i anlegget vist i figur 2.4. er for eksempel 50 °C. I testanlegget med kapasitet på 2 liter er makstemperatur 90 °C.



**Figur 2.4.** Høytrykksanlegg med 215 liters kapasitet og makstrykk 600 MPa (Avure, u.å.-a)

## 2.2. Jordbær og effekt av høytrykksprossessering

I Japan var det i 1990 flere kommersielle høytrykksprosseserte produkter på markedet (Fellows, 2008). Et av disse var jordbærsyltetøy pakket i forseglet fleksibel plastemballasje. Syltetøyet hadde to måneders holdbarhet ved kjølelagring, som er viktig for å unngå uønsket enzymaktivitet.

Ferske jordbær (*Fragaria x ananassa* Duch) har kort holdbarhet (Terefe et al., 2010, Perez et al., 1998). Prossessering av bærene er derfor nødvendig, dersom de skal bevares. For øvrig gir varmebehandling av jordbær tap av farge, tekstur, aroma og næringsstoffer. Høytrykksbehandling kan derfor være et godt og mer skånsomt alternativ for jordbærprodukter. Videre følger en beskrivelse av noen av jordbæras egenskaper og hvordan disse påvirkes av høytrykksbehandling.

### 2.2.1. Senga Sengana

I Norge produseres det årlig ca. 12 000 tonn jordbær, hvorav under 10 % benyttes som industribær (Nes and Hageberg, 2005). En stor andel av industribærene importeres fra utlandet. I Norge og Europa for øvrig har Senga Sengana de siste 50 årene vært den dominerende jordbærsorten for konserverindustrien (Nes, 2003).

Sorten foretrekkes ikke som spisebær, men er en av de beste for videre prosessering (Nes et al., 2001). Ulempen med Senga Sengana er at den er utfordrende å dyrke og at bærstørrelsen er mindre enn hva som er foretrukket. Høstingen blir derfor dyr i forhold til for større bær. Gråskimmel er også et vanlig problem knyttet til denne sorten, hvilket resulterer i råtne jordbær og store tap av avlinger.

### **2.2.2. Mikroorganismer knyttet til jordbær**

Når det gjelder jordbær og mikroorganismer, er den største utfordringen knyttet til mugg og gjær (Perrier-Cornet, Hayert et.al. 1999). Dersom jordbær ikke konserveres, vil de raskt forderves av soppangrep, hovedsakelig *Botrytis cinerea* (Guichard et al., 1992). En av årsakene er bærenes lave pH, som gir vanskelige forhold for bakterier, mens mugg kan formere seg. pH i jordbær er rundt 2,9-3,1, mens brix er 8,7-8,9<sup>4</sup> (Skrede et al., 2012, Gössinger et al., 2009a).

#### **2.2.2.1. Mikroorganismer og høytrykksprosessering**

Inaktivering av mikroorganismer under trykkbehandlingen avhenger blant annet av type mikroorganisme, tid, temperatur, pH, vanninnhold, matens sammensetning og ikke minst trykket (Perrier-Cornet, Hayert et.al. 1999). Ulike arter og –stammer tåler forskjellig trykk. For virkningen av trykk på mikroorganismer generelt, henvises det til kapittel 2.1.2.2.

Generelt er vegetative bakterier, mugg og gjær sensitive overfor høyt trykk og inaktiveres ved 300-600 MPa (Knorr, 1993). Ettersom mugg og gjær er mer trykksensitive enn bakterier, vil høytrykksbehandling ved lav temperatur generelt være tilstrekkelig for jordbær (Perrier-Cornet, Hayert et.al. 1999). Mange ascosporer til varmeresistente mugg har for øvrig vist seg å overleve trykk mellom 300-800 MPa (Raso and Barbosa-Canovas, 2003). Undersøkelser indikerer at man må kombinere trykket med temperaturer på 60-70 °C for å inaktivere disse sporene.

I en studie ble inaktiveringsgraden av bakterier som ofte er naturlig til stede i jordbærmasse analysert etter høytrykksbehandling ved trykk opptil 600 MPa ved 25 °C i 5-25 minutter (Huang et al., 2012). Disse stammene var gram-positive sporedannede staver, som samsvarer med at gram-positive bakterier er mer trykk-

---

<sup>4</sup> For fruktjuice er 1 °Brix ca. 1-2 % sukker av total juicevekt. Brix inkluderer sukker, syrer og annet løselig stoff (Gössinger et al., 2009a).

resistente enn gram-negative bakterier. Prosesseringsparametrene ga god inaktivering av de fleste tilstedeværende bakteriene, men fem trykkresistente bakteriestammer ble isolert og identifisert etter behandlingen. Disse var *Bacillus licheniformis*, *B. firmus*, *B. mycoides*, *B. pumilus* og *B. amyloliquefaciens*. Sistnevnte var mest trykkstabil.

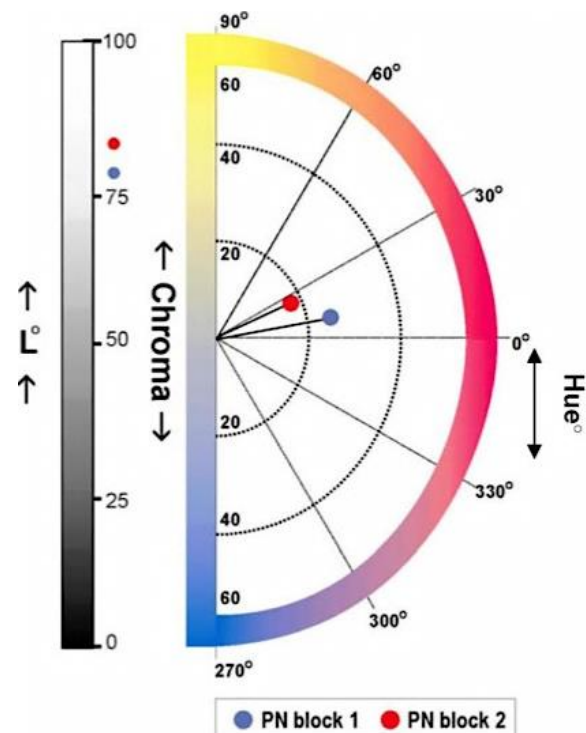
Det er også gjort studier på inaktivering av *Saccharomyces cerevisiae* i jordbær (Chauvin et al., 2005). 300 MPa i 1,5 minutter ved 21 °C var tilstrekkelig for å inaktivere (6 cfu/ml) av denne *Saccharomyces*-arten, som ofte ødelegger fruktjuicer. Vegetative mugg- og gjærceller, som er en utfordring i jordbær, er altså generelt trykksensitive og vil inaktiveres med moderat trykkbehandling.

### 2.2.3. Farge og sensorisk kvalitet i jordbær

Kvalitetsmessig er farge en svært viktig egenskap, som er av stor betydning for industriens og forbrukerens valg av råvarer og produkter (Oey et al., 2008b). Farge påvirkes av mikrobielle, fysiske, kjemiske og biokjemiske endringer under vekst, modning, høsting, lagring og prosessering. Jordbæras rødfarge er særlig knyttet til dens innhold av anthocyaninpigmenter, som beskrives i kapittel 2.2.4.

Et produkts farge kan måles subjektivt, for eksempel visuelt ved sensorisk bedømming, eller objektivt, for eksempel ved å måle  $L^*a^*b^*$ -verdier ved hjelp av en reflektansmetode, som metodekapitlet tar opp. Fargemålinger har også blitt benyttet for å indirekte måle andre egenskaper, som pigmentinnhold (Pathare et al., 2012).

Commission Internationale de l'Éclairage-Lab-metoden (CIELAB) er basert på RGB-systemet (red, green, blue). Øyet har, i følge CIE-prinsippet, tre fargereseptorer: rød, grønn og blå. Alle farger er kombinasjoner av disse tre fargene. Ettersom CIELAB-



**Figur 2.5.** CIE-fargesystemet (CIELab-plot) med  $L^*a^*b^*$ -verdier, °Hue og Chroma (Bruksanvisning Hunterlab, 2012).

fargeområdene, som er illustrert i figur 2.5., representerer fargene som oppfattes av mennesker, er disse foretrukket for analyse av næringsmidler (Quevedo et al., 2010).  $L^*$  måler lyshet, der svart = 0 og hvit = 100 (Pathare et al., 2012).  $a^*$ -fargekoordinaten har negative verdier for grønne farger og positive for røde, mens  $b^*$  er negativ for blålige farger og positiv for gulaktige farger. Fargemetning eller -intensitet (Chroma,  $C^\circ$ ), fargetone ( $^\circ\text{Hue}$ ) og fargeendring ( $\Delta E$ ) bestemmes så ut fra disse parameterne. Chroma er lengden på vektoren fra origo til fargepunktet. Jo høyere  $C^\circ$ , desto høyere er fargeintensiteten.  $^\circ\text{Hue}$  definerer forskjellen i en bestemt farge med hensyn til gråfarge med samme lyshet. Det vil si at  $^\circ\text{Hue}$  forteller hvor på fargesirkelen prøven ligger.  $^\circ\text{Hue}$  på  $0^\circ$  eller  $360^\circ$  representerer rød hue,  $90^\circ$  gul,  $180^\circ$  grønn, mens  $270^\circ$  representerer blå hue. Jordbær har  $^\circ\text{Hue}$ -verdier mellom  $20\text{--}30^\circ$ , avhengig av blant annet sort.  $\Delta E$  ( $\sqrt{\Delta a^2 + \Delta b^2 + \Delta L^2}$ ) indikerer total fargeendring i jordbærproduktene (Patras et al., 2011). Acceptance factor (AF) kan beregnes for å finne forholdet  $a^*/^\circ\text{Hue}$  (Gössinger et al., 2007, Gössinger et al., 2009b). Lavere AF indikerer at det har skjedd fargenedbryting. AF har i studier vist seg å korrelere med forbrukerens aksept av jordbærnektar og verdien gir mye informasjon om nettopp jordbærprodukter. AF-verdi over 0,7 ble i en studie satt som grense for hva som var akseptabelt av forbruker for jordbærnektar (Gössinger et al., 2009a).

Farge og andre viktige kvalitetsparametere kan også bedømmes sensorisk med trent dommerpanel (Koppel et al., 2010, Lambert et al., 1999). Sensorisk bedømming er viktig for å få en faglig vurdering av ulike produkter. Enkle sensoriske tester kan brukes for å få forbrukerens mening. Mange egenskaper, som farge, smak og tekstur kan måles både sensorisk og instrumentelt og vise sterk korrelasjon. Andre egenskaper, for eksempel intensiteten på jordbærsmaken, bør bedømmes sensorisk.

### **2.2.3.1. Farge og høytrykksprosessering**

Ubehandlete jordbær (cv. Festival) hadde i en studie følgende LAB-verdier:  $L^* = 33,7\text{--}41,9$ ,  $a^* = 24,3\text{--}26,9$  og  $b^* = 6,8\text{--}8,8$  (Terefe et al., 2009). Generelt ligger  $^\circ\text{Hue}$ -verdiene i jordbærene rundt  $14,1\text{--}18,1$  og Chroma omkring  $24,0\text{--}28,4$ , men som nevnt, avhenger disse verdiene av sort og dyrkingsforhold. Singelfrosne jordbær av sorten Senga Sengana hadde i en studie  $L^*$ -verdi  $29,1\text{--}29,6$ ,  $a^*$ -verdi fra  $33,5\text{--}35,8$  og  $b^*$ -verdi rundt  $15,9$  (Gössinger et al., 2009a). AF-verdier i jordbærpuré (cv. Elsanta) lå i et forsøk på  $0,904$  før pasteurisering,  $0,94$  etter pasteurisering ved  $80^\circ\text{C}$  i ett minutt



og 0,78 etter fire ukers lagring ved 20 °C (Gössinger et al., 2009b). Forfatterne indikerte at økningen i AF, som betyr økt fargestabilitet, under pasteurisering kan skyldes økt co-pigmentering og/eller effektiv inaktivering av enzymer. Nedgangen under lagring skyldes, i følge forfatterne av studien, trolig nedbryting av pigmenter som følge av enzymatisk og ikke-enzymatisk oksidering.

I en studie ga behandling av jordbærmasse ved 400 MPa, uavhengig av tid, signifikant L\*-nedgang, men ingen endring i a\*-verdi (Cao et al., 2011). Reduksjon av L\* indikerer at bruningsreaksjoner og tap av pigmenter har funnet sted og dette ble sett i sammenheng med høyere restaktivitet av PPO og POD ved denne prosessbetingelsen. Ved 500 og 600 MPa ble det ikke registrert signifikante endringer i L\*. Videre ble det registrert en økning i b\*, °Hue og Chroma med økt prosesseringstid ved 400 MPa, men ingen endring ved 500 og 600 MPa. 400 MPa ga høyere ΔE, mens 500 og 600 MPa ga lavere ΔE uavhengig av behandlingstid. Varmebehandling ved 70 °C i to minutter ga nedgang i L\* og signifikant økning av a\*, b\*, °Hue og Chroma. Temperaturbehandlingen ga fullstendig inaktivering av PPO og POD. Dette indikerer at det skjedde en ikke-enzymatisk bruningsreaksjon, det vil si nedbryting av anthocyaniner og dannelse av Maillardprodukter under varmebehandlingen. I tillegg ga varmebehandlingen 56,5 % reduksjon i askorbinsyreinnhold. Dette kan også ha bidratt til fargenedbrytingen.

Et påfølgende forsøk så på kvalitetsendringer i høytrykksbehandlet juice under lagring (Cao et al., 2012). Juice ble prosessert ved 600 MPa i 4 minutter og lagret i 6 måneder ved 4 og 25 °C. Juice lagret ved 25 °C hadde større total fargeendring (ΔE) og høyere bruningsgrad enn prøver lagret ved 4 °C. Høyere lagringstemperatur ga også signifikant lavere L\* (lyshet) og a\* (rødhet). Fargeparametrene korrelerte i tillegg med anthocyanininnholdet i juicen, som indikerer at tapet av anthocyaniner påvirket fargen. L\*-verdi i klar juice som ved dag 0 var 50,6, hadde økt til 55,7 etter én måned, for så å gå ned til 46,5 etter seks måneder ved 4 °C. Ved 25 °C var L\* 50,6 ved dag 0, 47,4 etter én måned og 42,1 etter seks måneder i klar juice. Det er ikke funnet studier som omhandler fargeendringer under lagring i jordbærprodukter prosessert ved ulike betingelser.

Et forsøk med halve jordbær (cv. Festival) viste at temperaturbehandling ved 20, 40 og 60 °C hadde større effekt på fargen enn trykk på 300-600 MPa og tid (2-10 min) (Terefe et al., 2009). Her var L\*-verdiene lavest og a\*-verdiene høyest ved prosessering ved 40 °C. Heller ikke 0-700 MPa ved 65 °C i 60 minutter i en annen studie ga fargeendringer i jordbærjuice (Rodrigo et al., 2007). Denne studien viste også at fargestabiliteten i jordbærjuice var avhengig av pH. Juicen ble delt i tre, der én del holdt pH 3,7, én del ble justert til pH 2,5 og én til pH 5. pH 5 ga mer fargetap under varmebehandling enn pH 2,5 og 3,7.

Ulike prosesseringsforhold kan også gi forskjellig teksturendring (MacDougall, 2002). Man vet at tekstur har innvirkning på fargen i frukt og bær, blant annet med hensyn til lysrefleksjon på overflaten. Når bær moses eller presses, er det derfor forventet at fargen vil endres noe.

Det er funnet få studier som omhandler sensorisk bedømming av jordbærprodukter etter høytrykksbehandling. Studier som har sett på høytrykksbehandlingens effekt på smak, har hovedsakelig fokusert på identifisering og kvantifisering av aroma- og smaksstoffer, som syrer og furanoner, ikke på sensorisk bedømming (Zabetakis et al., 2000a, Navarro et al., 2002, Lambert et al., 1999). Gimenez et al. (2001) så derimot på tap av anthocyaniner i jordbærsyltetøy, lagret i 15 dager ved 4, 20 og 30 °C, i sammenheng med sensoriske egenskaper. I den deskriptive sensoriske analysen ble aromaen i syltetøy prosessert ved 400 og 800 MPa beskrevet som kjemisk og harsk. 400 MPa ga i tillegg sur ettersmak, mens varmebehandlet syltetøy ble oppfattet som søtere. I tillegg var varmebehandlet syltetøy glattere og hadde dypere og klarere rødfarge. Høytrykksbehandlet syltetøy ble oppfattet som mer rosa. Dette stemte overens med større anthocyanintap i høytrykksbehandlet syltetøy.

Hovedårsaken til at jordbæras farge raskt brytes ned under lagring er nedbryting av anthocyaniner under og etter prosessering (Wesche-Ebeling and Montgomery, 1990). Videre følger en beskrivelse av anthocyaniners betydning i jordbær og effekten av naturlig tilstedeværende enzymer.

#### 2.2.4. Anthocyaniner i jordbær

Det er i hovedsak fenolkomponenter som bidrar til jordbæras friske, røde farge (Pourcel et al., 2007). Viktigst blant disse er anthocyaninene, som er vannløselige pigmenter i cellenes vakuoler. Foruten å gi farge, beskytter disse antioksidative flavonoidene plantene mot stress, i tillegg til at de gir helsemessige fordeler for konsumentene.

Anthocyaninene er pigmenter som, i løst form, gir bær, frukt og grønnsaker blå, rød og fiolett farge. (Zabetakis et al., 2000b). Mengden anthocyaniner i ferske jordbær varierer fra 10-80 mg/100 g bær. I en studie ble mengden anthocyaniner i ferske jordbær analysert i ulike sorter (Aaby et al., 2012). Senga Sengana hadde et gjennomsnittlig innhold på 27 mg/100 g ferske bær. Prosessering av jordbær til bærmos og juice gir tap av anthocyaniner. I jordbærjuice varierer mengden fra ca. 20-333 mg/liter (Garzon and Wrolstad, 2002, Gimenez et al., 2001). Ved pressing av juice blir bærkjøtt, som inneholder mye anthocyaniner, utelatt og derav vil anthocyanininnholdet avta (Aaby et al., 2005, Häkkinen et al., 2000).

25 ulike anthocyaninpigmenter er påvist i jordbær (Aaby et al., 2012, Buendia et al., 2010). Disse kan deles i to grupper; mørk rød cyanidin og derivater fra lys rød pelargonidin, som dominerer i jordbær. Disse to utgjøres hovedsakelig av pelargonidin-3-glukosid, pelargonidin-3-rutosid og cyanidin-3-glukosid, samt pelargonidin-3-glukosid-malonat. I jordbær består ca. 82-100 % av anthocyanininnholdet av pelargonidin-3-glukosid. Jordbærfargen er avhengig av type og konsentrasjonen av anthocyaniner, som igjen er avhengig av blant annet bærsort, dyrkingsforhold, modenhet under høsting, lagring og prosessering (Hui et al., 2007).

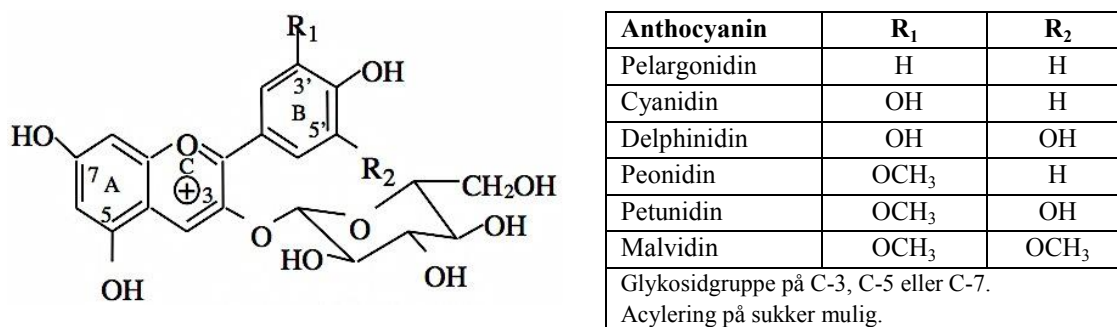
En utfordring knyttet til jordbær er at fargen er ustabil og brytes ned under lagring, da anthocyaninene er utsatt for oksidasjon (Cao et al., 2011). I løpet av noen dager eller få ukers lagring får jordbærene en brun og matt farge. Fargeendringen skyldes i hovedsak enzymatisk bruning, Maillardprodukter og annen nedbryting av anthocyaniner. Polyfenoloksidase (PPO) og peroksidase (POD) er enzymer naturlig til stede i jordbær som evner å bryte ned pigmenter som anthocyaniner og dermed gi misfarging. Disse enzymene og hvordan de oksiderer flavonoider blir beskrevet i

kapittel 2.2.5. Anthocyaninene kan også brytes ned ikke-enzymatisk (Cheynier et al., 1994). Nedbrytingen skjer da kjemisk og resultatet er, som i enzymatisk oksidasjon, kinoner. Kinonene, som også tas opp senere, kan igjen oksidere andre polyfenoler enzymene ikke evner å bryte ned. Slike sekundære kinoner kan danne polymerer med andre forbindelser som gir brunfarge. Både lys, høy pH, høy temperatur og tilstedeværelse av oksygen reduserer anthocyanininnholdet i jordbær (Potter and Hotchkiss, 1998, Giusti and Wallace, 2009, Zabetakis et al., 2000b). Det er derfor viktig å optimalisere lagrings- og prosesseringsforholdene for å bevare jordbæras rødfarge.

#### 2.2.4.1. Anthocyaninenes struktur og egenskaper

Alle anthocyanidiner har en felles flavonoidstruktur, kalt flavyliumionet, bestående av to aromatiske ringer koblet til en oksygenert ring (Brouillard, 1982, Pourcel et al., 2007). I plantevev befinner anthocyanidinene seg utelukkende som konjugerte derivater i form av anthocyaniner (Crozier et al., 2006). Anthocyaniner er glukosid-anthocyanidiner, altså anthocyanidiner med sukkergrupper. Sukkergruppen, ofte glukose, men også galaktose, arabinose, fruktose og ramnose, er oftest festet til karbon 3 på den oksygenerte ringen (Watson, 1997).

Avhengig av antall hydrokso- og metoksoygrupper kan naturlige anthocyaniner deles inn i ulike grupper. Figur 2.6. viser generell struktur for anthocyaniner med en sukkergruppe på C-3. Ulike R-grupper gir ulike anthocyaninforbindelser, der de seks viktigste i naturen er angitt i figuren. De to viktigste i jordbær er, som nevnt, pelargonidin og cyanidin (Wrolstad et al., 2005).



**Figur 2.6.** Generell anthocyaninstruktur med sukkergruppe på C-3 og R-grupper for de seks viktigste anthocyaninene i naturen (Wrolstad et al., 2005).

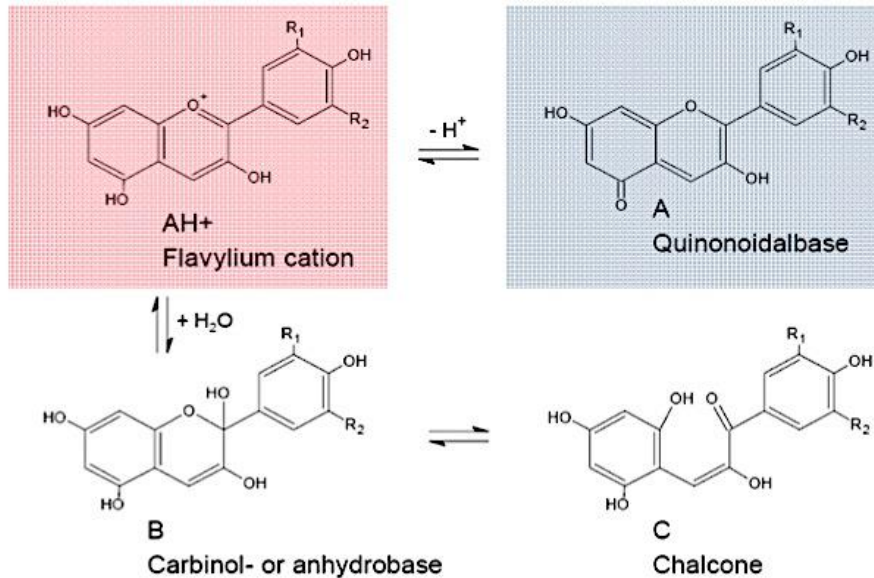
Farge er avhengig av anthocyaninenes absorpsjonskoeffisient (Giusti et al., 1999).

Flere hydroksoygrupper på B-ringene fører til absorpsjon ved høyere bølgelengde, som

gir mer blålig farge (Ikan, 1991). Pelargonidin-3-glukosid gir oransje-rød farge, delphinidin-derivater gir blå-rød farge, mens cyanidin gir rødere farge. Jordbær er for eksempel lysere enn bringebær, da bringebær ikke bare inneholder mer anthocyanin, men også anthocyaniner som gir mer rødfarge. Pelargonidin-3-glukosid, som utgjør hovedandelen i jordbær, gir altså mer oransje farge (Giusti and Jing, 2007, Maatta-Riihinen et al., 2004). Utover dette er anthocyaniner med flere sukker- og metoksygrupper mer stabile enn de med flere hydroksygrupper (Watson, 1997). Anthocyaninenes farge påvirkes også av andre faktorer, blant annet pH, oksygen, temperatur, lys, sukker, askorbinsyre, co-pigmentering og kompleksdannende metaller (Giusti and Wallace, 2009, Ikan, 1991). Anthocyaninene kan for eksempel danne komplekser med flere komponenter, blant annet proteiner, aminosyrer, flavonoider og karbohydrater (Fennema, 2008). Slik co-pigmentering kan bidra til fargeendring.

pH-verdien påvirker hvilken farge anthocyaninpigmentene uttrykker (Ikan, 1991). Generelt er anthocyaninene blå under alkaliske forhold, fiolett ved nøytral pH og rød under sure forhold. Endret pH under lagring kan derfor gi endret farge, uten at anthocyaninkonstantrasjonen endres (Holcroft and Kader, 1999). I praksis er det for øvrig små endringer i jordbær, da pH normalt ikke kommer i det nøytrale eller basiske området (pers.med. Kjersti Aaby, Nofima, 2013).

I en vannløsning med noe lav pH er fire pigmentformer tilstede ved romtemperatur: rød flavyliumkation ( $AH^+$ ), blå quinonidabase (A), fargeløs carbinol/psuedobase (B) og lys gyl eller fargeløs chalcone (C) (Holcroft and Kader, 1999). Disse strukturene er illustrert i figur 2.7. Flavyliumkationet ( $AH^+$ ) er stabilt og dominerer ved lav pH, men dersom pH øker til over 4, kan hydroksylgruppa på C-4 miste et proton og danne blålig quinonidabase (A). Dersom pH økes blir altså quinonidabasen dominerende og ved enda høyere pH tar carbinol- og chalconestrukturene over, hvilket resulterer i fargetap (Brouillard et al., 1997, Carlson, 2003). De fleste anthocyaninene er fargeløse ved pH 4-6 (Brouillard, 1982). Surhetsgraden påvirker altså forholdet mellom pigmentformene og jordbæras farge stabiliseres dersom man senker pH (Holcroft and Kader, 1999). En studie viste at innholdet av flavyliumformen ble redusert fra 37 % til 13 % når pH økte fra 3,21 til 3,81 (Wrolstad et al., 1970).



**Figur 2.7.** Anthocyaninformer avhengig av pH-verdi (Fennema, 2008).

I en studie fant man at fryste jordbær burde ha et anthocyanininnhold på ca. 450-700 µg per gram prøve for å ha optimal farge (Wrolstad et al., 1970). pH i bærene burde være 3,51 eller lavere for at bærene skulle ha akseptabel farge etter frysing i 9 måneder. Derimot hadde ikke innholdet av løselig stoff, askorbinsyre eller totalt syreinnhold noen effekt på bærfargen.

#### **2.2.4.2. Anthocyaniner og høytrykksprosessering**

Det er gjort flere forsøk på anthocyaniner i jordbær og hvordan disse påvirkes av ulike trykkbetingelser og lagringsforhold. En studie viste for eksempel at konsentrasjonen av pelargonidinderivater i jordbærsorten Elsanta ikke ble påvirket av trykk mellom 200-800 MPa ved 18-22 °C i 15 minutter (Zabetakis et al., 2000b). Kjølelagring av de trykkbehandlede jordbærene i 9 dager ga for øvrig større tap av anthocyaniner i bær utsatt for 400 MPa sammenlignet med ubehandlede bær ved dag 0. Tapet skyldtes hovedsakelig restaktivitet av oksidative enzymer. Det var derimot ingen forskjell på bær behandlet ved andre trykk og ubehandlede bær. Lagring ved 20 og 30 °C ga, uavhengig av behandling, henholdsvis 50-60 % og 65-75 % anthocyanintap etter syv dagers lagring. Det er uklart hvilket prøvemateriale som ble undersøkt og om det var forskjell mellom behandlet og ubehandlet prøve rett etter prosessering.

En studie på jordbærsyltetøy viste at anthocyanintapet etter behandling ved 200-800 MPa i 5 minutter var mindre enn ved tradisjonell varmebehandling (Gimenez et al.,

2001). Det var for øvrig noe større tap under lagring i det høytrykksbehandlede syltetøyet enn det varmebehandlede.

Et tidligere nevnt forsøk på halve jordbær av sorten Festival viste at temperaturbehandling ved 20, 40 og 60 °C hadde større effekt på innholdet av anthocyaniner enn trykk på 300-600 MPa og tid (2-10 minutter) (Terefe et al., 2009). Etter 3 måneders kjølelagring var det for øvrig signifikant nedgang på i gjennomsnitt 27 % i alle prøvene.

Trykkbehandling av jordbærjuice ved trykk mellom 0-700 MPa ved 65 °C i 60 minutter ga ingen fargeforandringer i prøvene (Rodrigo et al., 2007). Et forsøk med jordbærpuré (cv. Elsanta) viste heller ingen forskjell i anthocyanininnholdet før og etter behandling ved 400-600 MPa ved 10-30 °C i 15 minutter (Patras et al., 2009). Varmebehandling av puréer ved 70 °C i 2 minutter ga derimot en signifikant nedgang på opptil 28 %.

I en studie av jordbærmasse av tinte jordbær (cv. Elsanta) ble nedbrytingen av pelargonidin-3-glukosid undersøkt (Verbeyst and Oey, 2010 ). Det ble funnet at nedbrytingen fulgte en første-ordens kinetikk ved 200-700 MPa ved 80-130 °C, der anthocyaninkonsentrasjonen sank ved konstant trykk som en funksjon av tid (0-50 minutter). Høyere temperatur ga raskere nedbryting. Økende trykk ved konstant temperatur ga også raskere nedbryting, men effekten av økende trykk var lavere enn for økende temperatur.

I noen bærtypen, blant annet tranebær, har temperatur- og trykkbehandling også gitt en tilsynelatende økning i anthocyanininnholdet (Chiappe Giacarini, 2008, Cao et al., 2011, Giusti and Wrolstad, 2001). Dette skyldes trolig strukturendringer som følge av høy temperatur og trykk under prosesseringen. Det er kjent at anthocyanininnholdet kan øke som følge av at trykket påvirker vakuolene hvor de befinner seg. Dette kan gjøre det lettere å ekstrahere pigmentene under analysemetoder som pH-differensmetoden.

Anthocyanininnholdet i jordbær påvirkes altså lite ved trykkbehandling ved lav til moderat temperatur sammenlignet med termisk behandling ved høyere temperatur

(Oey et al., 2008a, Kouniaki et al., 2004). Derimot er anthocyaninene ustabile under lagring, hovedsakelig på grunn av resterende enzymaktivitet, som kapittel 2.2.5. omhandler. Videre er det mulig å redusere bruning med modifisert atmosfære med for eksempel redusert oksygen- og økt CO<sub>2</sub>-konsentrasjon (Walker and Ferrar, 1998). En annen mulighet er å tilsette syrer for å senke pH og hemme enzymaktivitet. Tilsetning av askorbinsyre har derimot vist seg å ha motsatt effekt i jordbær (Wrolstad et al., 2007), noe kapittel 2.2.6. går nærmere inn på. For høytrykksprodukter som skal fremstå som sunne og naturlige kan det være gunstigst å stabilisere anthocyaninene med lavere lagrings-temperatur. Å senke lagringstemperaturen fra 20 °C til 4 °C, ga for eksempel signifikant mindre tap av pigmenter i varmebehandlet jordbærpuré (Holzwarth et al., 2012).

### **2.2.5. Enzymaktivitet i jordbær**

Jordbær inneholder trykkstabile oksidative enzymer, blant annet polyfenoloksidase (PPO) og peroksidase (POD) (Proctor, 2010). For kvalitetstap som skyldes nedbryting av fenoler, er PPO et av de viktigste enzymene og en viktig årsak til svinn og tap av frukt og grønt (Tomás-Barberán and Espin, 2001, Mayer and Harel, 1979). En av hensiktene med varmebehandling av frukt og grønnsaker er å inaktivere POD og PPO. Ved trykkbehandling vil man ikke få en slik varmeinaktivering av enzymene, dersom man ikke kombinerer trykket med høy temperatur. Restaktivitet av disse oksidasene kan, som nevnt, gi nedbryting av pigmenter og misfarging, samt endret aroma og konsistens (Whitaker, 1985). Etersom POD fortrinnsvis er forbundet med grønnsaker, mens PPO er forbundet med frukt og bær, vil hovedfokuset videre være PPO (Terefe et al., 2010, Vamos-Vigyazo, 1981).

#### **2.2.5.1. Polyfenoloksidasenes lokasjon og virkning**

PPO finnes i de fleste plantevev, men i ulike konsentrasjoner avhengig av for eksempel type frukt eller grønnsak (Whitaker, 1985). Videre kan enzymenes aktivitet variere mellom samme plante, under modningsprosessen og som følge av ulike dyrkingsforhold. PPO-aktiviteten i ubehandlede jordbær ligger generelt rundt  $1,307 \pm 0,095$  OD/min/g ferske jordbær (Terefe et al., 2009).

Hovedsakelig befinner PPO-enzymene seg i thylakoidmembranene i plantenes kloroplaster, mens deres substrat, fenolforbindelsene, er lokalisert i vakuoler

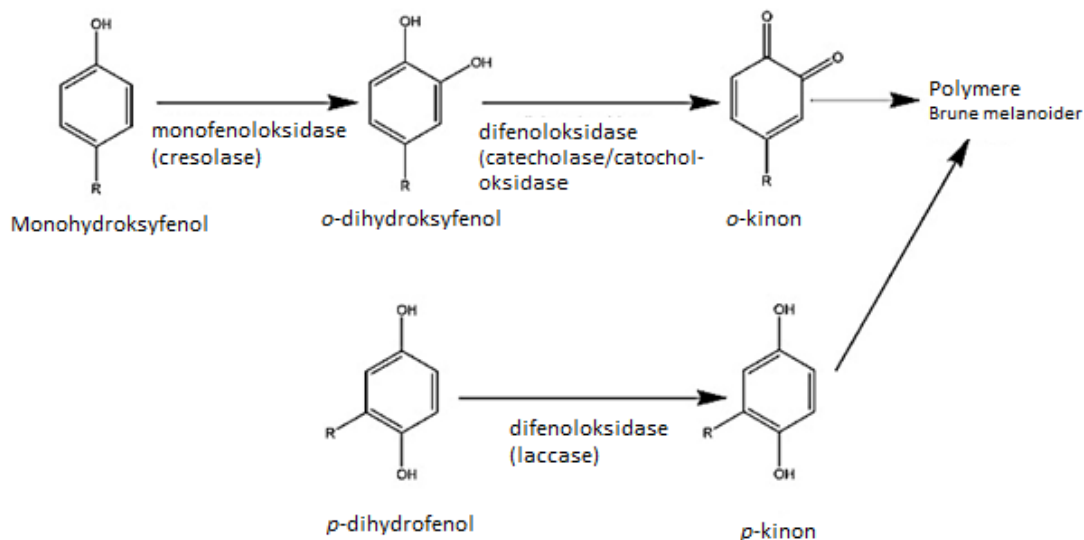


(Chazarra et al., 2001). Ettersom enzymene og anthocyaninene befinner seg i forskjellig vev og i ulike deler av cellen, må det skje strukturelle endringer for at enzymatisk oksidasjon og bruning skal finne sted i større grad (Walker and Ferrar, 1998). Det kan for eksempel være prosessering, fysiske skader eller patogene mikroorganismer som forstyrrer cellen eller vevet slik at barrierene mellom enzymet og substratet ødelegges.

PPO fremmer dannelsen av brunfarge i frukt og grønnsaker ved å katalysere oksidasjon av fenoler til kinoner, som så autooksideres til brune pigmenter, såkalte melanoider (Whitaker and Lee, 1995, Ding et al., 1998). Reaksjonen er altså en form for enzymatisk bruning og er en av hovedårsakene til at blant annet jordbær mister sin friske rødfarge under behandling, prosessering og lagring. Reaksjonen krever tilstedeværelse av oksygen, i tillegg til enzym og fenoler som anthocyaniner (Villamiel et al., 2008).

Til tross for at slike reaksjoner er uønsket i de fleste frukt- og bærtyper, kan melanoidene også ha positive egenskaper (Villamiel et al., 2008). De kan ha både antibakteriell og sopphekkende virkning, samt antioksidative egenskaper. I visse produkter, som rosiner, dadler, kaffe og te, er PPO også fordelaktig, da bruningsreaksjoner er ønskelig i disse produktene (Whitaker, 1985).

De viktigste PPO-enzymene er laccase og catecholoksidase (Mayer and Staples, 2002, Pourcel et al., 2007). Disse PPO-enzymene katalyserer to reaksjoner, som vist i figur 2.8. på neste side (Belitz et al., 2009).



**Figur 2.8.** Polyfenoloksidasenes reaksjonsvei (Villamiel et al., 2008).

Den ene reaksjonen er hydroksylering av monofenol til *o*-difenol som følger av cresolase- eller monofenolaseaktivitet (Belitz et al., 2009). Catecholoksidase danner et kompleks, først med oksygen og deretter monofenol, med en sterkt polarisert O-O-binding. Denne bindingen gir hydroksylering til *o*-difenol. Den andre reaksjonen er oksidasjon av *o*-difenol til *o*-kinoner ved hjelp av difenolase- eller catecholaseaktivitet (Pourcel et al., 2007, Queiroz et al., 2008, Villamiel et al., 2008). Som figur 2.8. viser, oksiderer laccaser *o*- og *p*-difenoler, mens catecholoksidaser kun oksiderer *o*-difenoler. Catecholoksidasene har til gjengjeld cresolaseaktivitet og kan hydroksylere monofenoler. Kinonene polymeriseres til slutt ikke-enzymatisk til fargede melanoider (Belitz et al., 2009). Kinonene kan polymerisere med hverandre, proteiner, aminosyrer og andre forbindelser som gir brune komplekser.

### **2.2.5.2. Polyfenoloksidase og høytrykksprosessering**

PPO-enzymene kan inaktiveres med for eksempel konvensjonell varmebehandling. Kraftig varmebehandling har derimot andre ulemper, som tap av pigmenter og næringsstoffer (Weemas et al., 1997). Høytrykksbehandling er på mange måter et godt alternativ, men kan, som nevnt, gi utfordringer med hensyn til enzymer (Whitaker, 1985). Etersom PPO har pH-optimum 5,0-7,5, er det også fordelaktig å redusere pH-verdien i produktet til under 5 (Rapeanu et al., 2005).

Flere studier har vist at høytrykksbehandling av jordbær har liten effekt på PPO, mens andre studier viser det motsatte. Høytrykk fra 100 til 690 MPa kombinert med

moderat temperatur fra 24 til 90 °C i 5-15 minutter hadde for eksempel liten effekt på PPO i jordbærpuré laget av ferske bær av to jordbærarter, Festival og Aroma (Terefe et al., 2010). Enzymene var fortsatt aktive etter 100-690 MPa ved 24-90 °C. Ved 690 MPa og 90 °C oppnådde man en maksimal inaktivering på kun 23 %. Samme studie viste at varmebehandling ved 90 °C i 30 minutter kun ga 30 % inaktivering av PPO i de omtalte jordbærarterne. Dette ble også bekreftet i en annen studie, som viste at PPO var stabile ved høyt trykk kombinert med moderat temperatur (Terefe et al., 2009). PPO-restaktiviteten, i forhold til i ubehandlede prøver, varierte fra 118 % etter behandling ved 300 MPa ved 60 °C i 10 minutter til 72 % ved den hardeste behandlingen, 600 MPa ved 60 °C i 10 minutter. PPO-stabiliteten man observerte kan skyldes at aktivering av latent PPO ved trykkbehandling og/eller frigjøring av membranbundet enzym motvirker den inaktiverende effekten temperaturbehandlingen prinsipielt har (Terefe et al., 2010). En annen teori er at de latente enzymene aktiveres på grunn av konformasjonsendringer, der et forlengelsespolypeptid som dekker enzymets aktive sete flyttes eller fjernes og gjør det aktive setet tilgjengelig (Lei et al., 2004). Det henvises til kapittel 2.1.2.3. for nærmere beskrivelse av hvordan trykket virker på enzymene.

En annen studie viste derimot at 400-800 MPa ved romtemperatur i 15 minutter ga 100 % inaktivering av PPO i jordbær (Garcia-Palazon et al., 2004). 400 MPa i 5 minutter ga 70 % inaktivering, mens 800 MPa i 15 minutter resulterte i fullstendig inaktivering av PPO. Inaktiveringen samsvarte videre med mindre anthocyanintap under lagring. Det er uklart hvilke jordbærarter og -produkter som ble behandlet.

Zabetakis et al. (2000a) så i en annen studie på inaktiveringen av PPO i forhold til stabiliteten til pelargonidin-3-rutinosid og pelargonidin-3-glukosid i trykkbehandlet jordbær. 800 MPa ved 18-22 °C i 15 minutter ga fullstendig inaktivering av PPO og under lagring ble ikke innholdet av pelargonidin-3-rutinosid og pelargonidin-3-glukosid endret.

Effekten av høytrykk på PPO i jordbærmasse (cv. Tongzi I) viste at enzymaktiviteten ble redusert med økt trykk og tid, med høyest reduksjon på 52 %, ved 600 MPa i 25 minutter (Cao et al., 2011). Varmebehandling ved 70 °C i to minutter ga fullstendig inaktivering av PPO. Et annet forsøk viste at jordbærpuré av ferske bær (cv. Pajaro)

utsatt for trykk opptil 285 MPa ved romtemperatur i 15 minutter hadde lavere PPO-aktivitet enn ubehandlede prøver (Cano et al., 1997). 285 MPa ved romtemperatur ga 60 % reduksjon i PPO-aktiviteten, mens høyere temperatur, opptil 60 °C, og lavere eller høyere trykk, 50-400 MPa, ga høyere PPO-aktivitet enn i de ubehandlede prøvene.

Det er ikke funnet studier som ser på PPO-aktiviteten i juice spesielt. Det er derimot foreslått at nedbrytingen av farge under pressing og lagring av jordbærjuice skyldes ikke-enzymatisk bruning, grunnet lite enzymaktivitet i jordbærjuice (Rwabahizi and Wrolstad, 1988).

### **2.2.5.3. Peroksidase**

Selv om POD hovedsakelig forbindes med grønnsaker, er disse enzymene også viktig for jordbæras farge (Robinson, 1991, Davey et al., 2000). POD er, som PPO, en oksidoreduktase som bidrar til enzymatisk bruning og nedbryting av innholdsstoffer som askorbinsyre. Inaktiveringsgrad av POD har vist seg å ha sammenheng med anthocyaninenes stabilitet under lagring (Suthanthangjai et al., 2005). Graden av POD-aktivitet i for eksempel jordbær er likevel uklar, da det naturlige innholdet av hydrogenperoksid er lavt i planter (Proctor, 2010, Pourcel et al., 2007, Passardi et al., 2004). POD fremmer nemlig oksidasjon av fenoler ved å redusere hydrogenperoksid. Det er for øvrig foreslått at PPO og POD kan virke synergistisk (Tomás-Barberán and Espin, 2001). En teori er at PPO fremmer POD-aktiviteten ved å danne hydrogenperoksid når de oksiderer fenoler (Subramanian et al., 1999).

#### *POD og høytrykksprosessering*

Det er gjort flere studier på POD-aktivitet i jordbærprodukter. I en studie hvor jordbær av sorten Festival ble utsatt for høyt trykk (300-600 MPa) kombinert med ulike temperaturer (20-60 °C) ble det observert signifikant inaktivering (16-58 %) av POD (Terefe et al., 2009). De hardeste betingelsene ga størst inaktiveringsgrad og høy temperatur hadde størst effekt. Videre viste resultatene at trykkbehandling av jordbær fører til en initiell økning av POD-aktiviteten. Prosesseringstider inntil 6 minutter ga økt POD-aktivitet, mens lengre tid, inntil 10 minutter, ga redusert aktivitet. Dette kan, som nevnt tidligere, skyldes at det høye trykket gir frigjøring av enzymer. Ved lengre behandlingstider ble derimot inaktiveringen gjeldende, da det ikke var ytterligere

enzymfrigjøring. En annen studie viste at 600 og 800 MPa ved 20 °C i 15 minutter ga maks 35 % inaktivering av POD (Garcia-Palazon et al., 2004). Også dette forsøket bekreftet at høyt trykk (400 MPa) i kort tid gir en initiell økning i POD-aktiviteten.

Jordbærpuré ble i en annen studie utsatt for trykk (50-400 MPa) ved 20-60 °C i 15 minutter. 230 MPa ved 43 °C ga maksimal inaktivering på 25 % (Cano et al., 1997). Ytterligere høyere trykk (300-400 MPa) og over 45 °C ga derimot økt POD-aktivitet. Et annet forsøk gjort på jordbærsortene Festival og Aroma viste at POD i disse sortene var sensitive overfor varme og ble fullstendig inaktivert etter 5 minutter ved henholdsvis 60 og 70 °C (Terefe et al., 2010). Enzymene ble noe stabilisert ved trykk under 400 MPa sammenlignet med varmebehandlingen. Det var derimot en synergistisk effekt mellom temperatur og trykk ved kraftigere trykkbehandling. 690 MPa ga over 72 % POD-inaktivering og økt temperatur (24-90 °C) ga økt inaktivering.

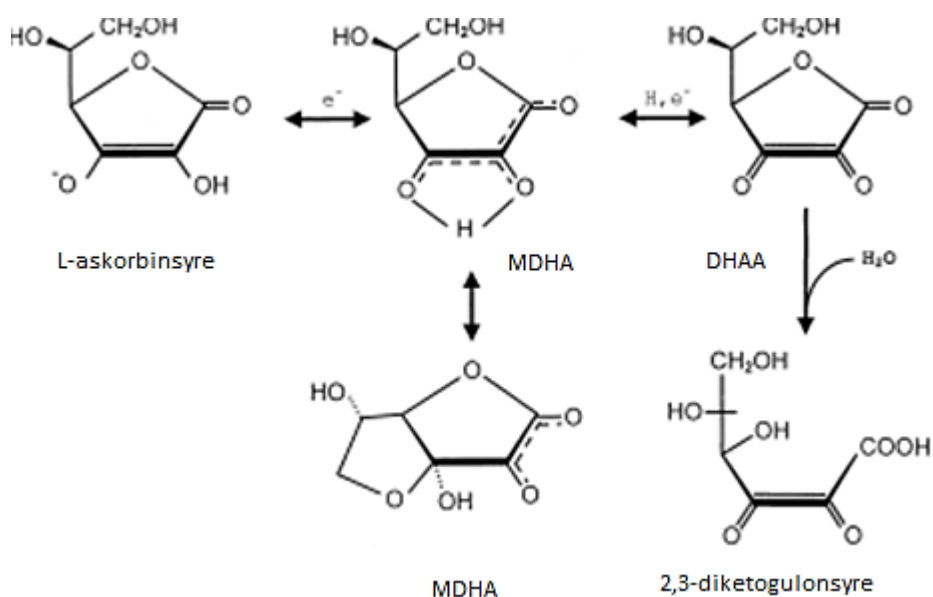
#### **2.2.6. Askorbinsyreinnhold i jordbær**

Askorbinsyre, også kjent som vitamin C, er et vannløselig vitamin som er til stede i de fleste frukter, bær og grønnsaker. Generelt inneholder jordbær omtrent 60 mg askorbinsyre per 100 gram ferske jordbær, men dette avhenger av sort og dyrkingsforhold (Davey et al., 2000, Agar et al., 1997). Etersom askorbinsyre raskt brytes ned under prosessering og lagring, benyttes ofte vitaminet som kvalitetsindikator for å måle tap av næringsstoffer under behandling (Davey et al., 2000). For mennesker er C-vitamin et essensielt vitamin som må inkluderes i kostholdet. I tillegg til at C-vitamin kreves i blant annet kollagen- og tyrosinmetabolismen og er en viktig antioksidant, kan mangel på C-vitamin gi skjørbuk (Hart et al., 2007, Giampieri et al., 2012). Helsemessig er altså C-vitamin ønskelig, men med hensyn til farge kan askorbinsyre ha negativ innvirkning i jordbær (Giampieri et al., 2012, Meschter, 1953).

##### **2.2.6.1. Askorbinsyrestruktur**

L-askorbinsyre er en ringformet pentamer som ligner et monosakkarid, men med flere uvanlige egenskaper (Chinoy, 1984). Strukturen, som er vist i figur 2.9., består av en femleddet umettet laktonring med to hydroksylgrupper på henholdsvis C-2 og C-3. Ringen inneholder en enediol og hydroksylprotonet på C-3 er syrlig. Denne strukturen gjør askorbinsyre (AA) utsatt for reversibel oksidering til dehydroaskorbinsyre

(DHAA). I intakte jordbær foreligger askorbinsyre i cytoplasma og kjernen og utgjøres av ca. 50-60 mg L-askorbinsyre og 5 mg DHAA per 100 gram ferske jordbær (Davey et al., 2000, Agar et al., 1997, Chinoy, 1984). Biologisk sett virker begge formene som vitaminer (Belitz et al., 2009). Vitaminaktiviteten tapes derimot når DHAA-ringstrukturen åpnes og hydrolyseres til 2,3-diketogulonsyre. Denne reaksjonen er irreversibel og påfølges av videre oksidering, polymerisering og dehydrering. Lavere pH gir for øvrig mer stabil DHAA (Lee and Kader, 2000). Figur 2.9. illustrerer oksidasjon av L-askorbinsyre.



**Figur 2.9.** Oksidasjon av L-askorbinsyre (L-AA) (MDHA: monohydroaskorbinsyre, DHAA: dehydroaskorbinsyre) (Davey et al., 2000).

Som påpekt er askorbinsyre utsatt for oksidasjon (Oey et al., 2008b). Ved å redusere tilgangen på oksygen, kan nedbrytingen av askorbinsyre under lagring hemmes. Sukker kan også tilsettes jordbærproduktene, da sukker senker konsentrasjonen av løselig oksygen. Dette kan også hemme aktiviteten til enzymer som bryter ned pigmenter (Taoukis et al., 1998).

Generelt er askorbinsyre også nyttig for å hindre de tidligere omtalte bruningsreaksjonene (Özoglu and Bayiindirli, 2002). Som antioksidant reduserer askorbinsyre kinonene, dannet av blant annet PPO-enzymene, før de rekker å delta i videre bruningsreaksjoner (Rapeanu et al., 2005, Hui et al., 2007). Som syre vil askorbinsyra i tillegg senke pH, hvilket kan bidra til å hemme enzymaktivitet. I tillegg vil effekten

av høytrykksbehandlingen på PPO-enzymet øke med lavere pH. Men forsøk har også vist at, selv om askorbinsyre er en antioksidant, fremmer den nedbrytingen av anthocyaniner i jordbær (Kouniaki et al., 2004). Askorbinsyre og anthocyaniner gir nemlig gjensidig nedbryting av hverandre. Dette innebærer trolig en kondenseringsmekanisme. Studier har også vist at askorbinsyra virker synergistisk med oksygen under nedbryting av anthocyaniner (Chinoy, 1984, Francis, 1989, Watson, 1997). En forklaring kan være dannelsen av hydrogenperoksid, et mellomprodukt i reaksjonen, som bryter ned anthocyaninene. Trolig er det her forskjell mellom hele bær og juice eller bærmos. Ettersom askorbinsyra i intakte jordbær befinner seg i cytoplasma og kjernen, samhandler den da ikke med anthocyaninene i vakuolene. I juice og bærmos blir derimot askorbinsyra viktig for anthocyaninenes stabilitet, da de to forbindelsene kommer i kontakt med hverandre. Lav lagringstemperatur er viktig for å hemme disse reaksjonene.

### **2.2.6.2. Askorbinsyre og høytrykksprosessering**

Varmebehandling ved 70-90 °C gir nedbryting av næringsstoffer, blant annet C-vitamin (Lado and Yousef, 2002). Høytrykksbehandling kan derfor være et bedre alternativ, da askorbinsyre er relativt trykkstabil. Askorbinsyre er dog ustabil ved høyt trykk kombinert med temperaturer over 65 °C (Oey et al., 2008b). Askorbinsyra brytes da hovedsakelig ned av oksidering under adiabatisk varme. Å redusere oksygeninnholdet kan derfor være fordelaktig. Det askorbinsyretapet man får under trykkbehandling ved lave temperaturer skyldes trolig nedbryting på grunn av frigjøring av oksidative forbindelser, for eksempel POD, når celleveggene ødelegges av trykket (i Patras et al., 2009). Grad av nedbryting er for øvrig avhengig av flere faktorer, som oksygentilgang, pH og temperatur. Generelt kan oksidasjon og tap av askorbinsyre under prosessering og lagring skyldes termisk nedbryting under varmebehandling, kjemisk oksidasjon og aktive oksidaseenzymer (Van den Broeck et al., 1998, Lee and Kader, 2000).

I et forsøk ble C-vitamininnholdet i jordbærmasse (cv. Elsanta) behandlet ved 700 MPa ved 60 °C, 90 og 110 °C sammenlignet med masse behandlet ved 80-140 °C (Verbeyst et al., 2013). Både trykk og temperatur ga nedbryting av C-vitamin. I tillegg ble det forsøkt å redusere de initielle oksygenkonsentrasjonene i jordbærproduktene med vakuumblander. Dette ga mindre tap av C-vitamin under

prosessering og samsvarer med at bedre tilgang til oksygen fremmer oksidasjon av vitaminet. Det ble videre konkludert at høytrykksbehandling kombinert med pasteuriseringstemperatur kan være fordelaktig. Trykk kombinert med steriliserings-temperatur ga derimot ikke signifikant mindre C-vitamintap enn steriliserings-temperatur alene, til tross for at man med trykk kan redusere holdetiden.

200-600 MPa ved romtemperatur i 30 minutter ga 10-12 % reduksjon av askorbinsyre i en modellsystemstudie (Sancho et al., 1999). Jordbærcoulis ble også trykkbehandlet, uten endring i askorbinsyrekonsentrasjonen. I denne studien ga heller ikke varmebehandling ved 72 °C i 20 sekunder noen signifikant endring. Sterilisering ved 120 °C i 20 minutter ga derimot 33 % reduksjon. Etter lagring ved 4 °C i én måned var det ikke forskjell mellom trykkbehandlet og ubehandlet jordbærcoulis. I en annen studie ble det observert 5-9 % reduksjon av C-vitamin i trykkbehandlet jordbærpuré (400-600 MPa, 10-30 °C, 15 min), mot 21 % i varmebehandlet ved 70 °C i 2 min, sammenlignet med ubehandlet puré (Patras et al., 2009). I puré behandlet med 600 MPa var 94 % av askorbinsyra bevart.

Det er altså kjent at høytrykksbehandling gir bedre bevaring av bioaktive komponenter (Patras et al., 2009). Men avhengig av flere faktorer, kan også trykkbehandlingen gi tap av askorbinsyre (Oey et al., 2006). I hvilken grad askorbinsyra brytes ned under trykkbehandlingen er for eksempel avhengig av mengden C-vitamin i forhold til oksygenkonsentrasjon. Det er også viktig at lagringstemperaturen er lav for å unngå nedbryting i etterkant av prosesseringen.



### 3. FORSØKSDESIGN, MATERIALER OG METODER

#### 3.1. Materialer og prosessering

I denne oppgaven ble det benyttet singelfrosne jordbær (*Fragaria x ananassa* Duch) fra 2012-sesongen av sorten Senga Sengana dyrket i Valldal i Norge. Bærene ble lagret ved -20 °C. Det ble laget to jordbærprodukter: bærmos og juice. Videre følger en beskrivelse av produksjon, prosessering og lagring av disse.

##### 3.1.1. Produksjon av jordbærmos

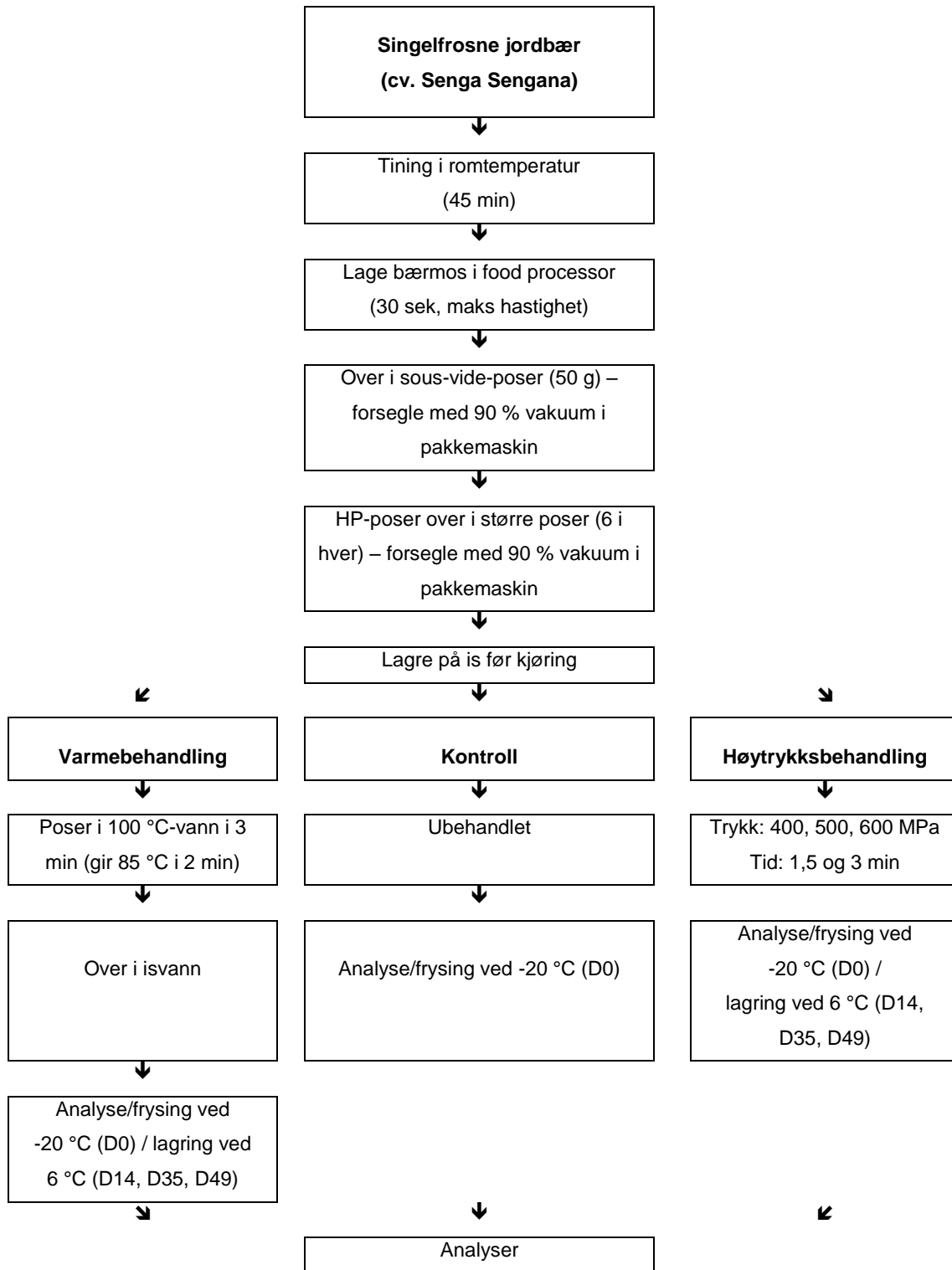
Til produksjon av jordbærmos ble det totalt brukt 15,05 kg jordbær. Singelfrosne jordbær ble tint i 45 minutter ved romtemperatur, før de ble kjørt ved hastighet 1 i Food Processor (*R5, Robot coupe, Vincennes Cedex, Frankrike*) i 30 sekunder. For å sikre mest mulig like prøver, ble all mosen blandet godt i en balje. Jordbærmosen var grov med bærbitar, etter ønske fra bedriftene som deltar i prosjektet. Deretter ble jordbærmosen ( $50 \text{ g} \pm 1$ ) fordelt i sous-vide-posere (*Vacuumpose Sous vide 121 °C, polyamid/polyetylen 20/50, Arne B. Corneliussen AS, Oslo*) og forseglet i vakuumpakkemaskin (*easyPACK-mk<sup>2</sup>, Webomatic, Bochum, Tyskland*) med 90 % vakuum. Posene ble merket med prosessbetingelser og parallellnummer, for eksempel 500 (MPa) - 3 (min) – 3 (parallell). Figur 3.1. og 3.2. viser henholdsvis jordbærmos før pakking og ferdig forseglet pose med jordbærmos behandlet ved 500 MPa i 1,5 minutt. Posene ble deretter fordelt på større poser med seks i hver og forseglet på nytt. Dette ble gjort for å hindre eventuelt søl i høytrykksmaskinen. Posene ble hele tiden lagret på is før og etter prosessering. Figur 3.3. på neste side viser skjematisk oversikt over produksjonen av jordbærmos. Produksjonen ble gjentatt tre ganger over to dager.



**Figur 3.1.** Jordbærmos før pakking (Foto: privat)



**Figur 3.2.** Ferdig pakket og prosessert jordbærmos (Foto: privat)



**Figur 3.3.** Skjematisk oversikt over produksjonen av jordbærmos.

### 3.1.2. Produksjon av jordbærjuice

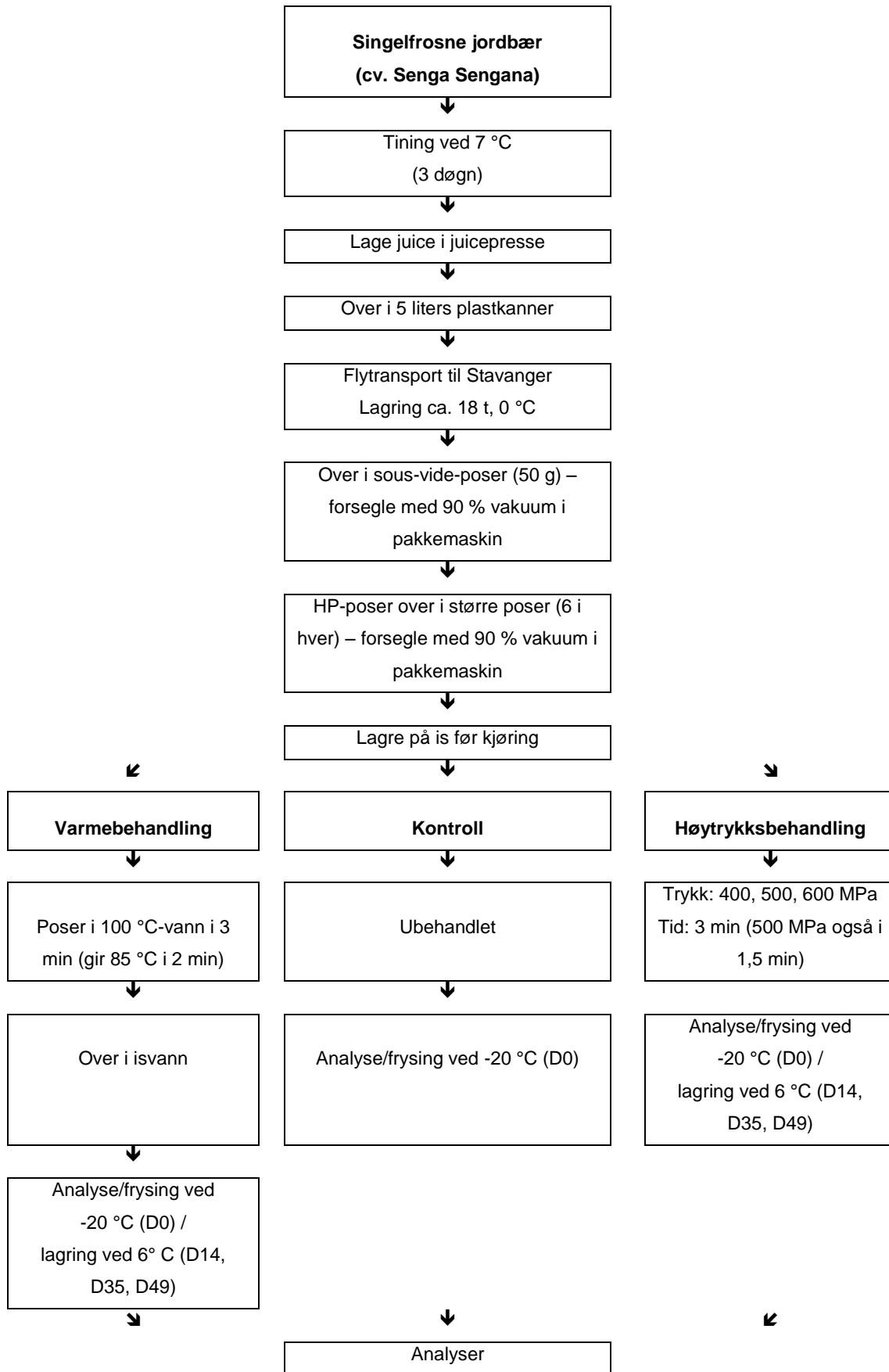
Til produksjon av jordbærjuice ble det totalt tint 25 kg jordbær. Et utbytte på 66 % ga ca. 15 kg juice. Til komplett forsøksopplegg krevdes 18 kg juice. Ved produksjon av juice, ble jordbær tatt ut fra fryser og tint ved 7 °C i tre dager for å sikre helt tinte bær. Temperatur i bær ved presstart var ca. 2 °C.

Jordbærjuice ble laget på Ås dagen før prosessering ved å presse tinte jordbær i juicepresse (50 PI, Voran, Pichl bei Wels, Østerrike) ved ca. 180 bar, som vist i figur 3.4. Bæra ble presset gjennom finmasket presseduk (111190003, 70x70 cm), slik at juicen ble klar. Juicen ble helt på tre 5 liters plastkanner, pakket i isoporkasse med kjøleelementer og sendt med fly til Nofima i Stavanger samme dag. Her ble juicen lagret ved 1 °C over natten før videre prosessering. Juicen ble ikke blandet før prosessering. Juice ble hatt over i sous-vide-poser (*Vacuumpose*



**Figur 3.4.** Pressing av jordbærjuice ved Nofima, Ås (Foto: privat).

*Sous vide* 121 °C, polyamid/polyetylen 20/50, Arne B. Corneliussen AS, Oslo) med pumpe (PM 05, LabX, AES Chemunex, Bruz, Frankrike) stilt inn på 50 gram. Juicen ble så behandlet på samme måte som jordbærmosen. Figur 3.5. på neste side viser skjematisk oversikt over produksjonen av jordbærjuice. Produksjonen ble gjentatt tre ganger, der tre prøveparalleller ble prosessert samme dag.

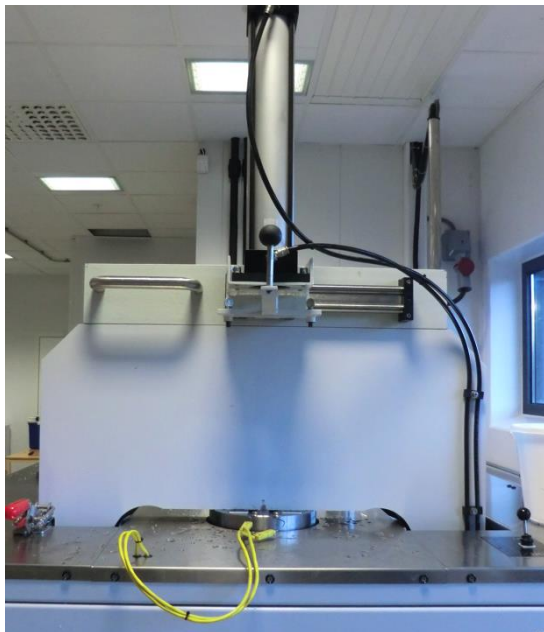


Figur 3.5. Skjematisk oversikt over produksjonen av jordbærjuice.

Påfølgende trinn etter prosesseringen var identisk for jordbærmos og –juice. Det ble tatt mikrobiologiske analyser og fargemålinger i Stavanger av D0-prøvene. Disse ble så fryst og tatt med til Ås, hvor de ble lagret ved -20 °C og brukt til videre analyser. Prøvene ble fryst for å stoppe enzymaktivitet og forringelse. D14, D35 og D49-prøvene ble lagt i lagringsskap i Stavanger som holdt 6 °C. Prøver som skulle analyseres i Ås, ble så sendt med frysetransport slik at de var fremme på uttaksdagen.

### 3.1.3. Høytrykksprosessering

Høytrykksprosesseringen ble utført ved Nofima, Stavanger, som huser Norges eneste høytrykksforsøksanlegg (*QFP 2L-700, Avure Technologies, Franklin, Tennessee, USA*). Anlegget, som er vist i figur 3.6., har en kapasitet på 2 liter, med sylindervolum H: 25 cm, D = 10 cm. Trykket kan variere fra 100 til 690 MPa og temperaturen fra 10 til 90 °C (Nofima, 2012 pers.kom.). Sous-vide-posene med jordbærproduktene ble plassert i høytrykkskammer fylt med vann, som figur 3.7. illustrerer. Prøvene ble så utsatt for tre ulike trykk: 400, 500 og 600 MPa i 1,5 eller 3 minutter. 500 MPa ble valgt, da denne betingelsen er mest brukt til kommersiell høytrykksprosessert juice (pers.med. Tone Mari Rode, Nofima, 2013). Behandlingstemperatur var stilt inn på 20 °C. Prøvene ble, innenfor hver prosessbetingelse, kjørt i randomisert rekkefølge for å ta høyde for variasjoner i for eksempel vannmengde i trykkbeholderen.



**Figur 3.6.** Høytrykksforsøksanlegget ved Nofima, Stavanger (Foto: privat).



**Figur 3.7.** Plassering av jordbærprøve i trykkammer (Foto: privat).

#### **3.1.4. Varmebehandling**

Referanseprøvene ble varmebehandlet i kasserolle med kokende vann. Det ble gjort testforsøk for å finne ut hvor lenge jordbærposene måtte ligge i vannet for å ha en kjernetemperatur på 85 °C i minst to minutter, som ble satt som krav. Kommersiell juice blir normalt konserveret ved denne betingelsen eller tilsvarende (pers.med. Tone Mari Rode, Nofima, 2013). Posene var da åpne og termometer ble stukket ned i produktet. Det var ikke mulig å måle kjernetemperaturen under selve forsøket, da posene måtte være lukket for å hindre kontaminering. For å oppnå riktig temperaturbehandling, ble posene holdt i vann ved ca. 100 °C i tre minutter. Varmebehandlede poser ble lagt i isvann før lagring og analyser.

#### **3.1.5. Lagring**

Det ble tatt uttak av varmebehandlet referanseprodukt og høytrykksprosesserte jordbærprodukter etter 0, 14, 35 og 49 dagers lagring. Kontrollprodukt ble kun analysert etter 0 dager, da denne ikke kunne lagres. For lagring er < 4 °C det ideelle, men dette er ofte ikke tilfelle i butikk, ved distribusjon og under transport. 6 °C ble derfor valgt som lagringsbetingelse.

14 dager ble valgt, da aktuelle studier nevnt i kapittel 2, ofte strekker seg over ca. 14 dager. 35 dager ble valgt, ettersom de fleste norske juicetyper har ca. 35 dagers holdbarhet (av praktiske årsaker ble bærmos parallell 3 analysert på dag 34, ikke 35). I tillegg ble prøvene analysert etter 49 dager, da det vil være en fordel for industrien om lengre holdbarhet er mulig.

### **3.2. Forsøksoppsett**

De to jordbærproduktene ble behandlet ved tre ulike trykk og to holdetider:

- Trykk: 400, 500 og 600 MPa.
- Holdetid:
  - Mos: 1,5 og 3 minutter ved alle trykk
  - Juice: 3 minutter ved alle trykk + 1,5 minutt ved 500 MPa
- Temperatur: ca. 20 °C

Referanseprodukt var jordbærmos og –juice varmebehandlet ved 100 °C i tre minutter (tilsvarende 85 °C i 2 minutter). Ubehandlede jordbærprodukter ble benyttet som kontroll, men disse ble ikke lagret. Produktene ble lagret mørkt ved 6 °C i 0, 14, 35 og 49 dager.

Det ble produsert tre paralleller av alle prosessbetingelsene. I tillegg ble det produsert 8 poser à 50 gram ved 400, 500 og 600 MPa, prosessert i 1,5 minutt for jordbærmos og 3 minutter for juice, samt 400 gram varmebehandlet produkt og kontrollprøve, til Fellesjuice for sensoriske analyser. Tabell 3.1. og 3.2. viser forsøksoppsettet med antall prøver som ble produsert ved de ulike prosessbetingelsene for henholdsvis jordbærmos og -juice.

**Tabell 3.1.** Forsøksoppsett for mos: antall prøver à 50 g produsert ved de ulike prosessbetingelsene for jordbærmos (antall poser til sensorikk er oppgitt i parentes).

Betingelser			Antall poser à 50 g				Totalt
HP* (MPa)	Tid (min)	Paralleller	D 0	D 14	D 35	D 49	
400	1,5	1	3	3	3 (8)	3	12 (20)
		2	3	3	3	3	12
		3	3	3	3	3	12
	3	1	3	3	3	3	12
		2	3	3	3	3	12
		3	3	3	3	3	12
500	1,5	1	3	3	3 (8)	3	12 (20)
		2	3	3	3	3	12
		3	3	3	3	3	12
	3	1	3	3	3	3	12
		2	3	3	3	3	12
		3	3	3	3	3	12
600	1,5	1	3	3	3 (8)	3	12 (20)
		2	3	3	3	3	12
		3	3	3	3	3	12
	3	1	3	3	3	3	12
		2	3	3	3	3	12
		3	3	3	3	3	12
Kontroll	0	1	3				3
		2	3				3
		3	3 (8)				3 (11)
Varme (85 °C)	2	1	3	3	3	3	12
		2	3	3	3	3	12
		3	3	3	3 (8)	3	12 (20)
							<b>261 (301)</b>

\* HP = Høytrykksprosessering

**Tabell 3.2.** Forsøksoppsett for juice: antall prøver à 50 g produsert ved de ulike prosessbetingelsene for jordbærjuice (antall poser til sensorikk er oppgitt i parentes).

Betingelser			Antall poser à 50 g				Totalt
HP* (MPa)	Tid (min)	Paralleller	D 0	D 14	D 35	D 49	
400	1,5	1	0	0	0	0	12 (20)
		2	0	0	0	0	
		3	0	0	0	0	
	3	1	3	3	3 (8)	3	
		2	3	3	3	3	
		3	3	3	3	3	
500	1,5	1	3	3	3	3	12
		2	3	3	3	3	12
		3	3	3	3	3	12
	3	1	3	3	3 (8)	3	12 (20)
		2	3	3	3	3	12
		3	3	3	3	3	12
600	1,5	1	0	0	0	0	0
		2	0	0	0	0	0
		3	0	0	0	0	0
	3	1	3	3	3 (8)	3	12 (20)
		2	3	3	3	3	12
		3	3	3	3	3	12
<b>Kontroll</b>	0	1	3				3
		2	3				3
		3	3 (8)				3 (11)
<b>Varme (85 °C)</b>	2	1	3	3	3	3	12
		2	3	3	3	3	12
		3	3	3	3 (8)	3	12 (20)
<b>* HP = Høytrykksprosessering</b>							<b>189 (229)</b>

For jordbærjuice ble, som tabell 3.2. viser, forsøksoppsettet redusert på grunn av begrenset bærmengde. Det ble derfor valgt å prioritere holdetider ved 3 minutter. Prøver til sensorikk ble derfor behandlet i 1,5 minutt for mos og 3 minutter for juice. Ettersom mos og juice ikke bedømmes sensorisk samtidig, anses ikke dette som et problem.



### 3.3. Analyser

Følgende kapittel gir en oversikt og beskrivelse over analysene som ble utført.

Samtlige analyser er oppsummert i tabell 3.3.

**Tabell 3.3.** Oversikt over gjennomførte analyser av jordbærmos og –juice<sup>a</sup>.

Analyse	Kontroll				Referanseprodukt				HP-produkter			
	D0	D14	D35	D49	D0	D14	D35	D49	D0	D14	D35	D49
PPO-aktivitet	x				x	x	x	x	x	x	x	x
Mikrobiologi	x				x	x	x	x	x	x	x	x
pH	x				x	x	x	x	x	x	x	x
Farge (L*a*b)	x				x	x	x	x	x	x	x	x
Bilder	x				x	x	x	x	x	x	x	x
Anthocyaniner	x				x	x	x	x	x	x	x	x
Askorbinsyre	x				x	x	x		x	x	x	
Sensorisk	x						x				x	

<sup>a</sup>Referanse = varmebehandlet mos og juice, HP = høytrykksbehandlet mos og juice

#### 3.3.1. Mikrobiologiske analyser

Jordbærproduktene ble analysert for totalt kimtall og mugg/gjær. De mikrobiologiske analysene ble utført ved Nofima, Stavanger. Alle prøver ble platet ut på ferdigstøpte skåler: DRBC-agar (Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol) for mugg og gjær og PCA (Plate Count Agar) for totaltall, uforynnet (500 µl) og 10<sup>-1</sup>-fortynning. Det ble gjort et gjentak per fortynning. For uforynnet prøve ble 500 µl pipettert direkte fra prøve over på skål. Ved prøvetaking av juice D0 ble det bestemt at 500 µl skulle reduseres til 200 µl for å få mer tellbare skåler. For fortynnet prøve ble 100 µl jordbærprøve fortynnet i 900 µl 9 % saltvann. 100 µl ble så pipettert fra fortynningen over på skål. DRBC-skåler (snudd) ble inkubert ved 25 °C i 3-5 dager og PCA (snudd) i 30 °C i 2 (3) dager. Resterende jordbærprodukt fra de åpnede posene ble brukt til bildetaking i DigiEye, se kapittel 3.3.6., og så hatt i nye poser, forseglet og sendt til Ås. Resultatene ble gitt som *log cfu/ml prøve*.

#### 3.3.2. pH og °Brix

pH og °Brix (totalt løselig tørrstoff) i jordbærmosen og –juicen ble målt ved alle uttak (lagringstider). pH ble målt med temperaturkalibrert pH-meter (827 pH lab, Metrohm USA Inc., Riverview, Florida, USA) og °Brix med kalibrert refraktometer (RE40, Mettler-Toledo Inc., Columbus, Ohio, USA) ved Nofima, Ås. Det ble gjort to målinger fra hver av de tre parallellene og gjennomsnittsverdi ble beregnet. Temperaturen i prøvene ved analyse var 20 °C. Resultatene ble gitt i *pH-* og *°Brix-verdier*.

### 3.3.3. Enzymaktivitet av polyfenoloksidase (PPO)

Aktiviteten til enzymene polyfenoloksidase (PPO) ble bestemt spektrofotometrisk direkte fra juice og etter ekstraksjon fra bærmos. Analysene ble utført ved Nofima, Ås. Framgangsmåten som ble benyttet tar utgangspunkt i en metode publisert av Terefe et al. (2010). Etersom flere endringer er gjort, gjennomgås metoden i detalj.

#### Instrumenter:

1. Homogenisator (*Ultra Turax med kniv Pt-DA-3012/2 WEC og maskin PT3100 Polytron, Arlington Heights, Illinois, USA*)
2. Sentrifuge (*Avanti J-26 XP, JA20-rotor, Beckman Coulter Inc., Brea, California, USA*)
3. UV-vis spektrofotometer (*Shimadzu UV160U, Kyoto, Japan*)

#### Kjemikalier:

1. Catechol (110,11 g/mol, 1,2 dihydroxybenzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>), CAS: 120-80-9, *Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, USA*)
2. Triton X-100 (CAS: 9002-93-1, *Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, USA*)
3. Natriumfosfat (*Merck KGaA, Darmstadt, Tyskland*)
  - a. Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (141,96 g/mol, CAS: 7558-79-4)
  - b. NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (137,99 g/mol, CAS: 89140-32-9)
4. 1 M NaCl (*Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, USA*)

#### Reagenser:

- A. Ekstraksjonsløsning: 0,2 M Natriumfosfatbuffer (pH 6,5) med 1 % (v/v) Triton X-100 og 1 M NaCl. Oppsettet gjelder for 1 liter "stockløsning":
  - i. 1 % Triton X-100 (w(v): 1 g + 100 ml reagens A
  - ii. 1 M NaCl: 58,44 g/mol x 1 mol/L = 58,44 g/L
- B. 0,07 M catechol (1,2-dihydroxybenzene) i 0,1 M natriumfosfatbuffer (pH 5,5).

#### 0,2 M Natriumfosfatbuffer av:

1. 0,2 M Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> = 141 g/mol x 0,2 mol/L = 28,4 g/L
2. 0,2 M NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> = 137,99 g/mol x 0,2 mol/L = 27,6 g/L

Tillaging av reagens A (1 liter):

Det ble laget to løsninger à 1 liter med 0,2 M  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  (løsning 1) og 0,2 M  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  (løsning 2). Løsning 1 (315 ml) og løsning 2 (685 ml) ble så blandet til 0,2 M natriumfosfatbuffer (1 liter) med pH 6,5. Triton X-100 (10 g) ble deretter veid ut og blandet i 0,2 M natriumfosfatbuffer (500 ml) i en erlenmeyerkolbe. Dette ble satt på røring ved 30 °C i ca. 20 minutter til alt var løst. NaCl (58,4 g) ble rørt ut i 0,2 M natriumfosfatbuffer (ca. 450 ml) i en 1 liters målekolbe. Triton X-100-løsningen ble så tilsatt dette og løsningen ble fortynnet med 0,2 M natriumfosfatbuffer til ca. 950 ml. Dette stod på røring ved svak varme i ca. 40 minutter til alt var løst. pH i bufferen ble deretter målt og eventuelt justert med 1 M NaOH, til  $6,5 \pm 0,2$ . Kolben ble etterfylt med 0,2 M natriumfosfatbuffer til totalt 1 liter.

Tillaging av reagens B:

Reagens B ble laget ved å fortynne fra 0,2 M løsningene til 0,1 M natriumfosfatbuffer og tilsette cathecol til sluttkonsentrasjon 0,07 M ( $110,11 \text{ g/mol} \times 0,07 \text{ mol/l} = 7,71 \text{ g/l} = 0,77 \text{ g/100ml}$ ).

Det ble laget 0,1 M natriumfosfatbuffer fra ”stockløsningene” til pH 5,5. Blandingsforholdet ble 6 ml løsning 1 og 94 ml løsning 2 + 100 ml destillert vann. 0,1 M bufferen ble oppbevart i kjøleskap mellom forsøkene, mens reagens B (med cathecol) måtte lages før hvert enkelt forsøk. Bufferløsning (100 ml) ble da tatt ut og satt på vannbad med risting ved 30 °C. Det ble så tilsatt cathecol (0,77 g) til en ny 100 ml målekolbe og tilsatt 0,1 M natriumfosfatbuffer (ca. 90 ml) (pH 5,5). Blandingen ble rørt til alt stoff var løst. pH ble kontrollert og eventuelt justert med 1 M HCl, til  $5,5 \pm 0,2$ . Kolben ble etterfylt med 0,1 M natriumfosfatbuffer til 100 ml. Ved måling på spektro-fotometret stod reagens B i et begerglass med vann ved 30 °C for å holde stabil temperatur.

Opparbeidelse av prøve og analyse:

Jordbærmos og -juice ble tatt ut fra fryseren og tint i romtemperatur i ca. to timer før forsøk. Det ble så veid ut bærmos (10 g) fra hver prøveparallell til plastsentrifuge-rør. Nøyaktig vekt ble notert. Umiddelbart etter innveiling av mos ble reagens A (15 ml) tilsatt rørene. Rørene og reagens A ble oppbevart på is. Kun bærmosen, ikke juicen, ble homogenisert og sentrifugert. Mosblandingen ble homogenisert i 1 minutt ved 15

000 rpm. Rørene ble holdt i isvann under homogeniseringen. Deretter ble rørene sentrifugert ved 20 000 x g i JA20-rotor ved 4 °C i 15 minutter. Supernatanten ble overført til 50 ml plastrør med skrukork og lagret på is. For juicen ble det også forsøkt å lage ekstrakt, men siden det ikke var forskjell på disse i forhold til å pipettere direkte, var ikke dette nødvendig. Juicen ble i stedet blandet godt med whirlmix.

Juicen og ekstrakten fra mosen ble oppbevart på is før måling. 200 µl enzymekstrakt eller juice ble pipettert over i plastkvytter. Fra hver prøve ble det gjort tre målinger. Kvytte ble plassert i spektrofotometeret og her tilsatt reagens B (2 ml) rett før start. Reagens A (200 µl) + reagens B ble (2 ml) brukt som blankprøve. Spektrofotometeret ble lest av ved 420 nm over 60 sekunder ved bruk av kinetisk modus og avlesning hvert 2. sekund. Beregning av enzymaktivitet i det lineære området (13 sekunder) ble gjort i Excel-formelark. Resultater ble gitt som *absorbans per minutt per gram prøve (abs/min/g)*.

#### **3.3.4. Totale monomere anthocyaniner (TMA)**

Anthocyaninpigmenter i bærmos og -juice ble analysert spektrofotometrisk med pH-differensmetoden ved Nofima, Ås. Framgangsmåten, som beskrives i detalj, er basert på en offisiell metode publisert av AOAC (2005). Til denne analysen ble resterende prøver etter analyse av mikro, farge, pH og °Brix benyttet.

Av praktiske årsaker ble D0-prøvene for mos ble fryst over natten ved -20 °C etter sentrifugering. D14-mos ble analysert for TMA rett etter sentrifugering av prøven. D35- og D49-mos ble fryst ved -20 °C i henholdsvis to og én dag etter sentrifugering før analyse. Juice ble fryst ved -20 °C over natten før analyse.

#### Prinsipp:

Monomere anthocyaninpigmenter endrer farge, reversibelt, med pH, der den fargede oxoniumformen eksisterer ved pH 1,0 og den fargeløse hemiketalformen dominerer ved pH 4,5. Forskjellen i absorbans på pigmentenes 520 nm er proporsjonal med pigmentkonsentrasjonen. Resultatene uttrykkes på grunnlag av cyanidin-3-glukosid. Degraderte anthocyaniner i polymer form er resistent mot fargeendring med pH, og inkluderes derfor ikke i målingen, da de adsorberer både ved pH 4,5 og pH 1,0.

Instrumenter:

1. Standardisert pH-meter (827 pH lab, Metrohm USA Inc., Riverview, Florida, USA)
2. Sentrifuge (Avanti J-26 XP, JA20-rotor, Beckman Coulter Inc., Brea, California, USA)
3. UV-vis spektrofotometer (Shimadzu UV160U, Kyoto, Japan)

Kjemikalier:

1. Kaliumklorid, KCl (74,56 g/mol, Merck KGaA, Darmstadt, Tyskland)
2. Natriumacetat,  $\text{CH}_3\text{CO}_2 \text{Na} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (82,03 g/mol, Merck KGaA, Darmstadt, Tyskland)

Tillaging av reagenser:

1) pH 1,0-buffer (kaliumklorid, 0,025 M)

KCl (1,86 g) ble veid opp i et begerglass og tilsatt destillert vann (ca. 980 ml). pH ble målt og justert til 1,0 med konsentrert HCl (ca. 20 ml). Løsningen ble overført til 1 liters målekolbe, som ble fylt til linje med destillert vann.

2) pH 4,5-buffer (natriumacetat, 0,4 M)

$\text{CH}_3\text{CO}_2 \text{Na} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (54,43 g) ble veid opp i et begerglass og tilsatt destillert vann (ca. 960 ml). pH ble målt og justert til pH 4,5 med konsentrert HCl (ca. 20 ml). Løsningen ble så overført til 1 liters målekolbe og fylt opp med destillert vann.

Framgangsmåte:

Fryste bærprodukter ble tint over natt ved kjøletemperatur eller noen timer i romtemperatur. Bærmos (12-13 g) ble hatt over i et sentrifugerør i plast. Det ble gjort én utveiling per prøveparallell. Rørene ble sentrifugert ved 18 000 rpm i 10 min ved 4 °C. Supernatanten ble tatt ut med en gang etter sentrifugering, så den ikke rakk å trekke tilbake i massen igjen. Juicen trengte ikke sentrifugeres, da den var homogen.

Fra supernatanten fra mosen og direkte fra juicen ble egnet fortynningsvolum for prøve bestemt ved å fortynne med pH 1,0-buffer til absorbansen til fortynna prøve ved 520 nm var innen det lineære området på spektrofotometeret, ca. 0,2-1,4 og helst innen 0,4-0,9 (maksimum prøvemengde (saft) er 20 % (FF =5), dvs. 400 µl saft +

1600 µl buffer). Ved å bruke denne fortynningsfaktoren ble to fortynninger av prøven tilberedt, en med pH 1,0-buffer og en med pH 4,5-buffer. Dette ble gjentatt to ganger, slik at hver prøveparallellell ble målt to ganger. Prøve ble da hatt i reagensglass og fortynnet med buffer og blandet godt med whirlmix. Rørene ble satt mørkt i 30 minutter etter blanding.

Måling av absorbans:

På spektrofotometret ble absorbansen til prøven fortynnet med pH 1,0- og 4,5-buffere bestemt ved både 520 nm og 700 nm, sistnevnte for å korrigere mot dis/tåke, med engangskvyetter. De fortynnede prøvene ble lest mot en blank celle med destillert vann. Absorbansen ble målt 30 minutter etter prøveopparbeidelse, og innen 50 minutter etter opparbeidelsen.

Beregninger:

Konsentrasjonen av anthocyaninpigment ble beregnet og uttrykt som cyanidin-3-glukosid-ekvivalenter med følgende formel:

- Anthocyaninpigment (mg/L cyanidin-3-glukosidekvivalenter) =

$$\frac{A \times MW \times DF \times 10^3}{\epsilon \times l}$$

- $A = (A_{520 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})_{\text{pH 1.0}} - (A_{520 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})_{\text{pH 4.5}}$ ;  
MW (molekylær vekt) = 449.2 g/mol for cyanidin-3-glukosid (cyd-3-glu);  
DF = fortynningsfaktor etablert tidligere; l = pathlength i cm.;  $\epsilon = 26,900$  molar ekstinksjonskoeffisient i  $\text{Lmol}^{-1}\text{cm}^{-1}$ , for cyanidin-3-glukosid (cyd-3-glu);  $10^3$  = konvertering fra g til mg.

Resultatene (TMA) ble gitt i *mg cyanidin-3-glukosid-ekvivalenter per 100 gram prøve (mg CGE/100 g prøve)*. Når det i oppgaven refereres til TMA-innholdet, gjelder det altså mg CGE/100 g.

### 3.3.5. Askorbinsyre

Jordbærproduktene innhold av askorbinsyre (C-vitamin) ble bestemt ved hjelp av High-performance liquid chromatography (HPLC) etter ekstrahering med *meta*-fosforsyre. Dette ble gjort ved Nofima, Ås. Dehydro-L-askorbinsyre (DHAA) ble redusert til L-askorbinsyre (L-AA) ved bruk av tris(2-carboxyethyl)-phosphine (TCEP). Juice og mos ble ikke analysert for askorbinsyre etter 49 dager. Dette skyldes praktiske årsaker, samt at erfaring tilsier at askorbinsyren reduseres relativt raskt under lagring (pers.med. Kjersti Aaby, Nofima).

HPLC er en kromatografisk separasjonsmetode som kan benyttes for å identifisere og kvantifisere ulike komponenter i en prøve. Metoden (versjon 6) som ble benyttet er utarbeidet og eid av Nofima AS, basert på ulike publikasjoner (Lykkefeldt, 2000, Karlsen et al., 2005, Davey et al., 2003, Phillips et al., 2010), og skal ikke spres uten tillatelse.

#### Instrumenter:

1. HPLC (*Agilent Technologies 1200 Series, Santa Clara, California, USA*)
  - Kolonne: Chromolith TM Performance RP-18e, 4,6 mm d, 100 mm l, nr. 1.02129.001
  - Forkolonne: Chromolith TM Guard Cartridge RP-18e, 4,6 mm d, 5 mm l, nr. 1.51451.0001

#### Betingelser:

- Flow: 1 ml/min
- Injeksjonsvolum: 15 µl
- Deteksjon: UV, 264 nm
- Tid: 10 min
- Kolonnetemperatur: 25 °C
- Temperatur i prøvekammer: 4 °C

#### Kjemikalier:

1. Millique-vann (MQ-vann, *Millipore Corp., Bedford, Massachusetts, USA*)
2. Elueringsbuffer: Fosfatbuffer, 100 % A

3. Acetonitril, 20048.320 (VWR, *BDH Prolabo, Briare, Frankrike*)
4. L-askorbinsyre (L-AA): FW 176,13, AneIR NORMAPUR 20150.184, 100 g (*VWR, BDH Prolabo, Briare, Frankrike*)
5. L-dehydroaskorbinsyre (DHAA): FW 382,1, D 8132 250 MG (*Sigma Chemical Co., St. Louis, Missouri, USA*)
6. Tris(2-karboxyetyl)-fosfin (TCEP):  $C_9H_{15}O_6 \cdot HCl$ , Fw 286,65, C4706-26, CAS 51805-45-9 (*Sigma Chemical Co., St. Louis, Missouri, USA*)
7. Trizma-base (tris(hydroksymetyl)aminometan: FW 121,1 (99,9 %) T 1503 – 1 kg (*Sigma Chemical Co., St. Louis, Missouri, USA*)
8. Meta-fosforsyre (MPA),  $HPO_3$ : FW 80, 23,927-5 (EEC No. 253-433-4), spon (chips), A.C.S. reagens (*Sigma Chemical Co., St. Louis, Missouri, USA*)
9. Natriumhydrogenfosfat ( $NaH_2PO_4 \cdot H_2O$ ): FW 137,99, 1-06346-1000 (*Merck KGaA, Darmstadt, Tyskland*) (pH 4,1-4,5 for 5 % vannløsning)
10. Natriumfosfat ( $NaH_2PO_4 \cdot H_2O$ ): FW 177,99, 1-06586-0500 (*Merck KGaA, Darmstadt, Tyskland*)
11. Titriplex III ( $Na_2H_2-EDTA$ ): FW 372,24, 1.08418.1000 (*Merck KGaA, Darmstadt, Tyskland*)
12. n-Dodecyl-trimetylammoniumklorid: FW 263,89, 44242 (> 99 %) (*Fluka Chemie GmbH, Buchs, Nederland*)

#### Løsninger:

Alle løsninger, unntatt DHAA, ble laget i forkant av analysen og lagret ved 4 °C.

#### 1. 0,2 M Na-fosfatbuffer (pH 6,5)

A:  $NaH_2PO_4 \cdot H_2O$  (MW = 137.99) → 13.799 g til 500 ml med 0,2 M.

B:  $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$  (MW = 177.99) → 17.799 g til 500 ml med 0,2 M.

For å få buffer med pH 6,5 ble ca. 425 ml A og 305 ml B blandet. Bufferen ble benyttet til tillaging av standard.

#### 2. Triz-buffer med TCEP

a. 800 mM Trizma-base (MW = 121,1) → 968 mg til 10 ml.

b. 5 mM TCEP (MW = 286,63) → 14,363 mg til 10 ml av 800 mM Trizma-base.

pH ble justert til 9. Bufferen ble fryst ned i små rør og lagret ved -20 °C. pH ble kontrollert før bruk. Bufferen ble brukt til reduksjon av DHAA til L-AA.



3. Mobilfase til HPLC (1 liter)

- a. 2,5 mM  $\text{NaH}_2\text{PO}_4\text{H}_2\text{O}$  (MW = 137,99)  $\rightarrow$  344,97 mg
- b. 2,5 mM n-Dodecyltrimethylammoniumklorid (MW = 263,89)  $\rightarrow$  660,68 mg (virker som ionepardanner)
- c. 1,25 mM  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{-EDTA}$  (MW = 374,3)  $\rightarrow$  465,29 mg
- d. 2 % Acetonitril  $\rightarrow$  20 ml

Dette ble fylt opp til 1 liter med MQ-vann og pH ble justert til 4,7 med 0,27 M sitronsyre. Ca. 100 ml av mobilfasen ble så justert til pH 4,2 til den reduserte prøven for å senke pH i disse prøvene fra ca. 6,2 til ca. 4,7 og på den måten stabilisere L-AA.

4. 10 % MPA m/2 mM EDTA (100 ml)

- a.  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{-EDTA}$  (74,5 mg) ble løst i MQ-vann (ca. 90 ml) før MPA (10 g) ble tilsatt. Dette ble fortynnet til 100 ml.

5. 5 % MPA m/1 mM EDTA (1 liter)

- a.  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{-EDTA}$  (372,5 mg) ble løst i MQ-vann (950 ml). MPA (50 g) ble så tilsatt før fortynning til 1000 ml.

6. Standardløsninger

- a. DHAA: 0,382 mg til 10 ml  $\rightarrow$  10  $\mu\text{mol}$ . Ble laget ny hver dag.
- b. L-AA: 1,761 mg til 10 ml  $\rightarrow$  1000  $\mu\text{mol}$ . Ble laget på forhånd og fryst ved  $-80^\circ\text{C}$  i små rør. Det ble laget to parallelle standardløsninger (A og B) som ble fortynnet likt.

Både DHAA og L-AA ble først løst i 0,2 M Na-fosfatbuffer (5 ml) (pH 6,5) for å unngå oksidering som kan oppstå dersom kun metafosforsyre brukes. Deretter ble 10 % metafosforsyre/EDTA (5 ml) tilsatt. DHAA ble ikke fortynnet videre, mens L-AA ble fortynnet videre med 5 % metafosforsyre/EDTA til 500, 100 og 50  $\mu\text{mol}$ , samt ufortynnet 1000  $\mu\text{mol}$ . Dette ble filtrert gjennom 0,45  $\mu\text{m}$  sprøytefilter (*Millex® HV PVDF, Millipore, Cork, Irland*) før injeksjon på HPLC.

#### Prøveopparbeidelse:

##### Mos:

Mos (5 g) ble hatt over i sentrifugerør. Deretter ble 5 %-MPA (20 ml) tilsatt med ballongpipette til tilnærmet 25 ml totalt. Mosen ble ansett som så homogen at homogenisering ikke var nødvendig. Dette ble ristet på whirlmix i 10 sekunder før prøvematerialet ble hatt over i erlenmeyerkolber, filtrert gjennom foldefilter (*Whatman GmbH, Dassel, Tyskland*). Under filtreringen ble kolbene satt mørkt ved 4 °C. Fra erlenmeyerkolbene ble prøvematerialet så filtrert ut med 0,45 µm sprøytefilter (*Millex® HV PVDF, Millipore, Cork, Irland*) over i reagensglass holdt på is.

##### Juice:

Juice (5 g) ble veid ut i 25 ml målekolber med engangspipetter. Juicen var helt tint og ble blandet godt før utveiling. 5 %-MPA (10 ml) ble tilsatt og kolbe ble rista rundt for hånd. Deretter ble målekolbe fylt opp til 25 ml-merket. Fra kolbene ble prøvematerialet filtrert ut med 0,45 µm sprøytefilter (*Millex® HV PVDF, Millipore, Cork, Irland*) over i reagensglass holdt på is. Videre prosedyre var den samme for juice som for mos.

#### Reduksjon av prøver og standarder – fra DHAA til AA:

Fra reagensglassene ble 100 µl prøve pipettert over i HPLC-glass, én for redusert og én for ikke-reduert prøve. Prøvene og MPA-løsningen ble holdt på is før, under og etter prøveopparbeidelsen. Triz-TCEP (50 µl) ble tilsatt og glassene ble ristet med whirlmix før dette ble satt mørkt i 20 minutter. Optimal pH for reduksjonen er 6,2 og tar da 7 minutter. Ved lavere pH tar reduksjonen lengre tid. Etter reduksjonen ble mobilfase (350 µl) med pH 4,2 tilsatt. HPLC-glassene ble forseglet. I tillegg til jordbærprøvene ble én standard A og én standard B redusert.

#### Ikke-reduerte prøver og standarder:

For jordbærprøvene og fortynnede og ufortynnede standarder som ikke skulle reduseres ble prøve (100 µl) blandet med mobilfase (400 µl) med pH 4,7.

Resultater ble gitt som mg total askorbinsyre, dehydroaskorbinsyre (DHAA) og L-askorbinsyre (L-AA) per 100 gram prøve (*mg/100 g prøve*).

### 3.3.6. Fargemåling

Det ble tatt bilder av jordbærproduktene med DigiEye (*VeriVide Ltd., Leicester, Storbritannia*) ved Nofima, Stavanger. Prøve (40-45 g) ble helt på petriskåler som så ble plassert i fotokammeret. Da DigiEye-maskinen ikke lot seg kalibrere for måling av  $L^*a^*b^*$ -verdier, ble det kun tatt bilder av prøvene. Deretter ble prøvene analysert med kalibrert LabScan XE-fargemåler (*Hunter Associates Laboratory, Inc., Reston, Virginia, USA*) i Ås, som gir  $L^*a^*b^*$ -verdier, ikke bilde. Plateinnsats med portåpning 0,25" (6 mm) ble brukt.

CIELAB ble valgt for  $L^*a^*b^*$ -verdier.  $L^*$  betyr CIE lightness coordinate,  $a^*$  CIE rød(+)/grønn(-)-fargeegenskap og  $b^*$  betyr CIE gul(+)/blå(-)-fargeegenskap (Pathare et al., 2012). Ut fra disse verdiene ble  $^{\circ}\text{Hue}$ , Chroma og acceptance factor (AF) beregnet med formlene vist under. Det henvises til kapittel 2.2.3. for nærmere beskrivelse av hva de ulike fargeverdiene betyr.

$$^{\circ}\text{Hue} = \arctan b^*/a^*$$

$$\text{Chroma} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

$$\text{AF} = a^*/^{\circ}\text{Hue}$$

Resultatene ble gitt som  $L^*$ ,  $^{\circ}\text{Hue}$ , Chroma og Acceptance factor (AF).  $a^*$  og  $b^*$  vises indirekte i Hue- og Chroma-verdiene, og presenteres derfor ikke.

### 3.3.7. Sensorisk bedømmelse

Jordbærmos og -juice behandlet med 400, 500 og 600 MPa i henholdsvis 1,5 og 3 minutter, samt varmebehandlet referanseprodukt og kontroll ble profilert av et trent dommerpanel hos FellesJuice. Kontroll ble bedømt etter 0 dager, mens prosesserte prøver ble bedømt etter 35 dager ved 6 °C. Hensikten var å sammenligne lagrede prosesserte produkter mot hverandre og mot et tilsvarende ubehandlet, ikke-lagret produkt. Juice og mos ble profilert hver for seg, da hensikten ikke var å vurdere eventuelle sensoriske forskjeller i de to ulike produktene. Figur 3.8. viser profileringsskjemaet som ble benyttet i bedømmelsene av mos. Det henvises til vedlegg 1 for beskrivelse av de ulike egenskapene. Samme skjema ble benyttet for

bedømmelse av juice, men bitmengde og –størrelse var da byttet ut med fruktkjøtt og konsistens.

<b>PROFILERING AV JORDBÆRMOS</b>										
PRØVE MRK.: _____										
DATO: _____										
DOMMER NR: _____		DOMMER NAVN: _____								
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>FARGESTYRKE</b>	Lys	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	Mørk
<b>FARGE RENHET</b>	Rød	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	Brun/ grå
<b>KONSISTENS</b>	Tynn	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	Tykk
<b>BITER</b>	Ingen	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	Svært mange
<b>BITSTØRRELSE</b>	Mos	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	Svært store
<b>JORDBÆRLUKT</b>	Ingen	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	Intens
<b>JORDBÆRSMAK</b>	Ingen	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	Intens
<b>JORDBÆRSMAK</b>	Utypisk	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	Typisk
<b>SØT SMAK</b>	Ingen	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	Intens
<b>SYRLIG SMAK</b>	Ingen	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	Intens
<b>FRISKHET</b>	Ingen	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	Svært frisk
<b>MODENHET</b>	Kartsmak	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	Overmoden
<b>OKSIDERT</b>	Ingen	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	Intens
<b>BISMAK</b>	Ingen	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	Intens
<b>KOMMENTARER:</b>										

Figur 3.8. Profileringsskjema benyttet ved bedømming av jordbærmos.

Hos Fellesjuice ble de fem ulike jordbærmassene (kontroll, referanse, 400, 500 og 600 MPa) profilert av syv dommere. Alle prøvene ble tilegnet tilfeldige koder, slik at dommerne ikke visste hvilke prøver de smakte på. Det ble gjort to gjentak av

profileringen. For jordbærjuice ble samme prosedyre fulgt, men det ble kun gjort et gjentak, da det ikke var nok til to parallelle prøver til alle syv dommere. Data fra mosbedømmelsen ble behandlet av FellesJuice, som beskrevet i kapittel 3.3.8. Resultatene ble gitt som gjennomsnittsverdier med Tukey-bokstaver ved fire ulike signifikansnivåer, samt spiderplott.

#### **3.3.8. Statistisk analyse**

For behandling av rådata ble Microsoft Excel benyttet. Det ble gjennomført variansanalyse (ANOVA, General Linear Model) i Minitab 16 (*Minitab Inc., State College, Pennsylvania, USA*).

ANOVA (General linear model) ble utført for å bestemme effekten av forsøksparameterne. Signifikante forskjeller ble vurdert med Tukeys multiple-comparison test. Forskjellene ble ansett som signifikante når  $p \leq 0,05$ . Unntakene fra denne framgangsmåten var resultatene fra de sensoriske profileringene, som ble analysert med to-veis ANOVA med Tukeys test i EyeQuestion og Minitab (med  $p \leq 0,001, 0,01, 0,05$  og  $0,1$ ) for henholdsvis mos og juice. EyeQuestion greide ikke å beregne ANOVA for dataene fra juiceprofileringen, derfor ble Minitab (General linear model) brukt. De mikrobiologiske resultatene ble vurdert uten bruk av Minitab og ANOVA på grunn av lite vekst av mugg og gjær og få tellbare og sikre tall (over 15 kolonier) for total bakterievekst.

Resultatene er basert på tre paralleller ( $n = 3$ ) for hver prosessbetingelse (med noen unntak i analysen av askorbinsyre, der svært avvikende paralleller ble utelatt på grunn av feil under analysen). Parallellnummer (1, 2 og 3) anses som tilfeldige effekter, mens trykk (400, 500 og 600 MPa), temperatur (85 °C) og tid (1,5 og 3 min) anses som faste effekter. Det ble for hver prosessbetingelse så beregnet et gjennomsnitt ut fra de tre parallellene.

Mos og juice ble først sammenlignet for seg for å finne hvilke prøver som var ulike innenfor hver analyse. Videre ble alle høytrykksbehandlede prøver sammenlignet, fortsatt mos og juice hver for seg, for å finne om det var forskjell mellom de ulike trykkbetingelsene. Det ble da tatt hensyn til både enkelteffekter og samspillseffekter. For å balansere analysen, ble ikke behandlingstid tatt med som faktor for juice,

ettersom det kun var ved 500 MPa 1,5 minutt ble benyttet som betingelse (utelatt fra denne statistiske analysen). På grunn av for få frihetsgrader ble det for juice heller ikke analysert for tre-faktorsamspill. Det var heller ikke mulig å se på samspills-effekter mellom omgang og lagringstid for trykkbehandlet juice. Effekten av omgang (parallell 1-3) ble også kontrollert. For mos hadde ikke omgang signifikant effekt og ble derfor utelatt fra analysen. For juice hadde derimot omgang (kannenummer) effekt og ble derfor inkludert ved analyse av trykkbehandlet juice.

Mos og juice ble så sammenlignet for å kunne vurdere om effekten av ulik behandling og lagringstid på innholdsstoffene påvirkes av ulik matriks. Kontroll ble utelatt fra denne analysen. Til slutt ble mulige korrelasjoner mellom prøvenes egenskaper analysert med Pearsons korrelasjonstest i Minitab. Dette ble gjort for alle mosprøver isolert og alle juiceprøver isolert. Pearsons R-verdi er et mål på korrelasjon mellom to variabler, for eksempel PPO og TMA, som viser styrken på den lineære avhengigheten mellom disse. R-verdien angir hvor sterk korrelasjon er mellom for eksempel PPO og TMA. R-verdi på 0 betyr ingen korrelasjon. Jo nærmere -1 eller 1, desto sterkere er korrelasjonen.

## 4. RESULTATER

Kapittel 4.1. presenterer resultatene fra alle analyser for all jordbærmos, resultatene for høytrykksbehandlet mos følger i kapittel 4.2. Der nest følger samme oppsett for juice, før resultatene fra sammenligningen av mos og juice presenteres i kapittel 4.5. Kapittel 4.6. visere resultatene fra Pearsons korrelasjonstest. Der prøver angis med for eksempel 400-3, betyr det at det er prøve behandlet ved 400 MPa i 3 minutter. Varmebehandlet (VB) prøve er referanse, og disse begrepene brukes om hverandre. Kontroll, som er ubehandlet prøve, ble kun analysert ved dag 0. Lagringstider angir antall dagers lagring ved 6 °C.

Resultatene er gitt som gjennomsnittsverdier for de tre parallellene og er tilknyttet bokstaver basert på Tukeys test som grupperer prøvene etter hvilke som er like og ikke. Forskjellene anses som signifikante når  $p \leq 0,05$ . I den sensoriske analysen er Tukeys test utført på fire signifikansnivå: < 99,9 %; < 99 %; < 95 %; < 90 %.

### 4.1. Jordbærmos

Følgende kapittel viser resultatene for jordbærmos ved alle betingelser, inkludert kontroll. Alle prøver, unntatt mikrobiologiske, er sammenlignet med ANOVA General linear model med Tukeys test.

#### 4.1.1. Mikrobiologisk vekst

Jordbærproduktene ble analysert for totaltall, mugg og gjær. På grunn av lite vekst av mugg og gjær og få tellbare og sikre totaltall (> 15 kolonier), var det ikke mulig å gjøre statistiske analyser. Tabell 4.1. viser totaltall i jordbærmos gitt i log cfu per ml.

**Tabell 4.1.** Totaltall (log cfu/ml) i jordbærmos for alle betingelser ved alle lagringstider<sup>a</sup>.

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER	49 DAGER
<b>Kontroll</b>	3,2 ± 0,2			
<b>VB</b>	1,6 ± 1,4	1,5 ± 1,3	1,8 ± 0,7	2,0 ± 0,2
<b>400-1,5</b>	2,6 ± 1,0	2,3 ± 0,6	2,4 ± 0,4	2,7 ± 0,7
<b>400-3</b>	2,0 ± 2,0	1,9 ± 0,5	2,8 ± 0,5	2,6 ± 0,4
<b>500-1,5</b>	2,2 ± 0,2	1,8 ± 0,2	2,3 ± 0,7	2,3 ± 0,7
<b>500-3</b>	2,6 ± 0,3	1,9 ± 0,3	2,1 ± 0,6	2,1 ± 0,1
<b>600-1,5</b>	2,3 ± 0,5	2,1 ± 0,3	2,1 ± 0,7	2,8 ± 0,1
<b>600-3</b>	2,4 ± 0,4	2,4 ± 0,9	2,5 ± 0,3	2,6 ± 0,6

<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller (n = 3).

Alle prosessbetingelsene reduserte total bakterievekst i forhold til kontrollen. Videre var det ved alle lagringstider mindre vekst i varmebehandlet mos enn i trykkbehandlet mos. Bakterietallet økte i varmebehandlet mos fra dag 0 til dag 49. 400-3-mos hadde størst økning i totaltallet under lagring, men generelt var det mer vekst i 400-1,5- og 600-3-mos enn de øvrige trykkbehandlede prøvene. Ved dag 14 hadde veksten avtatt, men ved dag 35 hadde veksten oversteget dag 0-nivået i alle prøver med unntak av 500-3- og 600-1,5-mosen. Trykkbetingelsen som ga lavest vekst ved dag 0 var 400 MPa i 3 minutter, mens 500-3 hadde lavest bakterietall av de trykkbehandlede prøvene ved dag 49. Denne betingelsen var også den eneste som ga lavere vekst ved dag 49 enn ved dag 0.

Tabell 4.2. viser påvist gjærvekst i jordbærmos ved alle lagringstider. Veksten er gitt i log cfu per ml.

**Tabell 4.2.** Gjærvekst (log cfu/ml) i jordbærmos for alle betingelser ved alle lagringstider<sup>a</sup>.

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER	49 DAGER
<b>Kontroll</b>	< 0			
<b>VB</b>	< 0	0,1 ± 0,2	1,7 ± 1,6	< 0
<b>400-1,5</b>	0,1 ± 0,2	2,9 ± 1,2	3,2 ± 3,1	5,9 ± 0,4
<b>400-3</b>	< 0	< 0	< 0	4,3 ± 2,9
<b>500-1,5</b>	< 0	0,3 ± 0,6	2,1 ± 3,6	< 0
<b>500-3</b>	< 0	< 0	< 0	< 0
<b>600-1,5</b>	< 0	< 0	< 0	< 0
<b>600-3</b>	< 0	< 0	< 0	< 0

<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller (n = 3).

Det ble påvist gjærvekst i mos behandlet ved 400 MPa i 1,5 minutt ved alle lagringstider. Ved dag 49 var det vekst i 400-3 og ved dag 14 og 35 i 500-1,5 og varmebehandlet mos. Det var ingen gjærvekst i 500-3-, 600-1,5- og 600-3-mos.



Tabell 4.3. angir muggveksten påvist i jordbærmos ved alle lagringstider, gitt som log cfu per ml.

**Tabell 4.3.** Muggvekst (log cfu/ml) i jordbærmos for alle betingelser ved alle lagringstider<sup>a</sup>.

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER	49 DAGER
<b>Kontroll</b>	1,5 ± 0,1			
<b>VB</b>	< 0	0,4 ± 0,6	1,6 ± 1,3	< 0
<b>400-1,5</b>	< 0	0,4 ± 0,7	< 0	< 0
<b>400-3</b>	< 0	< 0	< 0	1,5 ± 0,0
<b>500-1,5</b>	< 0	< 0	< 0	< 0
<b>500-3</b>	< 0	< 0	< 0	1,5 ± 0,0
<b>600-1,5</b>	< 0	< 0	< 0	< 0
<b>600-3</b>	< 0	< 0	< 0	1,0 ± 0,0

<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller (n = 3).

Ved dag 0 var det vekst av mugg i kontroll. Under lagringen ble det påvist vekst i varmebehandlet mos ved dag 14 og ytterligere økt vekst etter 35 dager, men ingen vekst ved dag 49. I 400-1,5-mos var det vekst ved dag 14 og ved dag 49 var det vekst i 400-3-, 500-3- og 600-3-mos. Det ble ikke påvist vekst i 500-1,5- og 600-1,5-mos.

#### 4.1.2. pH- og °Brix-verdier

Tabell 4.4. viser målte pH-verdier i jordbærmos for alle betingelser ved alle lagringstider.

**Tabell 4.4.** pH-verdier i jordbærmos for alle betingelser ved alle lagringstider<sup>ab</sup>

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER	49 DAGER
<b>Kontroll</b>	3,30 ± 0,01 c			
<b>VB</b>	3,36 ± 0,01 a	3,35 ± 0,01 ab	3,32 ± 0,01 abc	3,25 ± 0,00 d
<b>400-1,5</b>	3,30 ± 0,01 c	3,23 ± 0,01 de	3,19 ± 0,01 ef	3,15 ± 0,00 ghij
<b>400-3</b>	3,30 ± 0,01 c	3,24 ± 0,01 d	3,18 ± 0,02 fg	3,15 ± 0,01 ghij
<b>500-1,5</b>	3,31 ± 0,01 bc	3,26 ± 0,02 d	3,17 ± 0,01 fgh	3,14 ± 0,02 ghij
<b>500-3</b>	3,30 ± 0,01 c	3,23 ± 0,03 de	3,17 ± 0,02 fghi	3,13 ± 0,01 ij
<b>600-1,5</b>	3,30 ± 0,01 c	3,24 ± 0,00 d	3,19 ± 0,01 f	3,14 ± 0,00 hij
<b>600-3</b>	3,30 ± 0,01 c	3,24 ± 0,00 b	3,20 ± 0,02 ef	3,13 ± 0,00 j

<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller (n = 3). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test er verdiene med ulike bokstaver forskjellige (p ≤ 0,05)

Ved dag 0 hadde varmebehandlet mos signifikant høyere pH enn kontroll og høytrykksbehandlede prøver. Under lagringen sank pH i alle prøvene. Nedgangen gikk raskere i trykk- enn varmebehandlet mos.

Videre viser tabell 4.5. °Brix-verdiene målt i jordbærmos ved alle fire lagringstider.

**Tabell 4.5.** °Brix-verdier i jordbærmos for alle betingelser ved alle lagringstider<sup>ab</sup>

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER	49 DAGER
<b>Kontroll</b>	8,3 ± 0,1 abc			
<b>VB</b>	8,2 ± 0,2 abc	8,3 ± 0,2 abc	7,9 ± 0,3 c	8,3 ± 0,1 abc
<b>400-1,5</b>	8,3 ± 0,1 abc	8,7 ± 0,2 abc	8,0 ± 0,3 bc	8,1 ± 0,2 abc
<b>400-3</b>	8,3 ± 0,3 abc	8,7 ± 0,2 abc	8,3 ± 0,4 abc	8,5 ± 1,0 abc
<b>500-1,5</b>	8,0 ± 0,3 abc	8,6 ± 0,2 abc	8,2 ± 0,4 abc	8,4 ± 0,4 abc
<b>500-3</b>	8,1 ± 0,12 abc	8,4 ± 0,2 abc	8,6 ± 0,3 abc	8,7 ± 0,1 abc
<b>600-1,5</b>	8,2 ± 0,2 abc	8,7 ± 0,2 abc	8,6 ± 0,2 abc	8,9 ± 0,1 ab
<b>600-3</b>	8,3 ± 0,1 abc	8,7 ± 0,2 abc	8,6 ± 0,1 abc	8,9 ± 0,1 a

<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller (n = 3). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test er verdiene med ulike bokstaver forskjellige (p ≤ 0,05)

Det var ikke signifikante endringer eller forskjeller i °Brix-verdiene i mosen under prosessering og lagring.

#### 4.1.3. PPO-aktivitet

Tabell 4.6. viser PPO-aktiviteten målt i absorbans per minutt per gram prøve i jordbærmos ved alle betingelser og lagringstider.

**Tabell 4.6.** PPO-aktivitet (absorbans/minutt/g prøve) i jordbærmos for alle betingelser ved alle lagringstider<sup>ab</sup>

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER	49 DAGER
<b>Kontroll</b>	10,0 ± 1,7 cdef			
<b>VB</b>	7,5 ± 0,9 efg	6,4 ± 1,0 g	6,3 ± 0,6 g	6,4 ± 1,2 g
<b>400-1,5</b>	9,6 ± 0,9 defg	10,2 ± 1,0 cdef	15,9 ± 1,9 a	15,1 ± 1,6 a
<b>400-3</b>	8,9 ± 1,0 defg	10,8 ± 1,0 bcde	13,2 ± 0,9 abc	15,9 ± 2,1 a
<b>500-1,5</b>	8,4 ± 1,3 defg	10,3 ± 1,3 cdef	13,9 ± 1,2 ab	15,5 ± 2,2 a
<b>500-3</b>	8,8 ± 0,5 defg	9,0 ± 0,9 defg	11,1 ± 0,6 bcd	15,4 ± 0,9 a
<b>600-1,5</b>	8,3 ± 0,3 defg	8,8 ± 0,4 defg	11,2 ± 0,5 bcd	16,0 ± 1,6 a
<b>600-3</b>	7,0 ± 1,1 fg	8,5 ± 1,0 defg	10,6 ± 0,8 bcde	15,0 ± 2,4 a

<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller (n = 3). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test er verdiene med ulike bokstaver forskjellige (p ≤ 0,05)

Ved dag 0 var det ikke signifikante forskjeller i PPO-aktivitet mellom noen av prosessbetingelsene eller kontroll. Ved dag 14 hadde aktiviteten økt i trykkbehandlede prøver, men økningen var ikke signifikant før dag 35. Økningen var størst i prøvene som var behandlet ved de mildeste trykkbetingelsene. Aktiviteten i varmebehandlet mos så derimot ut til å avta fra dag 0 til 14, men endringen under lagring var ikke

signifikant. Ved dag 35 og 49 var enzymaktiviteten signifikant lavere i varmebehandlet enn all trykkbehandlet mos.

#### 4.1.4. TMA-innhold

Tabell 4.7. viser innholdet av totale monomere anthocyaniner (TMA) i jordbærmos målt i mg cyanidin-3-glukosid-ekvivalenter (CGE) per 100 g prøve for alle betingelser ved alle lagringstider.

**Tabell 4.7.** TMA-innhold (mg CGE/100 g prøve) i jordbærmos for alle betingelser ved alle lagringstider<sup>ab</sup>

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER	49 DAGER
<b>Kontroll</b>	14,5 ± 0,5 bcd			
<b>VB</b>	17,8 ± 1,4 a	15,0 ± 1,6 abc	12,0 ± 1,0 cde	9,8 ± 0,9 efghi
<b>400-1,5</b>	15,0 ± 1,3 abc	10,8 ± 1,1 efg	9,1 ± 0,8 efghi	8,4 ± 0,7 ghi
<b>400-3</b>	15,7 ± 1,9 ab	11,6 ± 1,2 def	8,5 ± 0,2 ghi	7,3 ± 0,4 i
<b>500-1,5</b>	16,1 ± 0,9 ab	10,7 ± 1,2 efgh	8,3 ± 0,2 ghi	7,6 ± 0,2 hi
<b>500-3</b>	15,5 ± 1,2 ab	11,8 ± 1,2 cdef	9,0 ± 0,3 efghi	7,5 ± 0,6 hi
<b>600-1,5</b>	15,4 ± 2,6 ab	12,0 ± 0,9 cde	8,8 ± 0,7 fghi	7,2 ± 0,2 i
<b>600-3</b>	14,9 ± 1,0 abc	11,1 ± 1,3 efg	9,1 ± 0,4 efghi	7,2 ± 0,6 i

<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller ( $n = 3$ ). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test er verdiene med ulike bokstaver forskjellige ( $p \leq 0,05$ )

TMA-innholdet var signifikant høyere i varmebehandlet jordbærmos enn kontroll ved dag 0. Det var ikke forskjell mellom de prosesserte prøvene. Under lagringen avtok anthocyanininnholdet i alle prøvene. Ved dag 14 og 35 var det signifikant lavere innhold i flere trykkbehandlede prøver enn varmebehandlet mos. Ved dag 49 var det derimot ikke signifikante forskjeller mellom trykk- og varme-behandlet mos.

#### 4.1.5. Askorbinsyreinnhold

Askorbinsyre ble gitt som mg total askorbinsyre, L-askorbinsyre (L-AA) og dehydroaskorbinsyre (DHAA) per 100 g prøve. Tabell 4.8. på neste side viser totalt askorbinsyreinnhold i jordbærmos ved dag 0, 14 og 35.

**Tabell 4.8.** Totalt askorbinsyreinnhold (mg/100 g prøve) i jordbærmos for alle betingelser ved dag 0, 14 og 35<sup>ab</sup>

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER
<b>Kontroll</b>	17,0 ± 0,4 a		
<b>VB</b>	17,0 ± 0,3 a	10,6 ± 0,3 c	0,5 ± 0,8 e
<b>400-1,5</b>	16,4 ± 2,0 ab	4,0 ± 0,4 de	0,4 ± 0,6 e
<b>400-3</b>	12,6 ± 0,2 abc	5,7 ± 0,1 d	0,1 ± 0,1 e
<b>500-1,5</b>	12,4 ± 2,1 bc	4,1 ± 2,0 de	0,0 ± 0,0 e
<b>500-3</b>	17,5 ± 5,5 a	3,1 ± 1,4 de	0,0 ± 0,0 e
<b>600-1,5</b>	17,1 ± 1,8 a	0,5 ± 0,9 e	0,0 ± 0,0 e
<b>600-3</b>	17,4 ± 0,3 a	0,7 ± 0,8 e	0,0 ± 0,0 e

<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller (n = 3) (Unntak der n=2: VB-0, 400-3-0, 500-3-0). <sup>b</sup>Basert på Tukeys test er verdiene med ulike bokstaver forskjellige (p ≤ 0,05)

Ved dag 0 var det få forskjeller i totalt askorbinsyreinnhold. Kun 500-1,5-mos skilte seg ut med signifikant mindre enn kontrollmos, varmebehandlet og de tre kraftigste trykkbetingelsene. Ved dag 14 var mye brutt ned og det var signifikant mindre askorbinsyre i trykkbehandlet mos sammenlignet med varmebehandlet, samt i alle prøver sammenlignet med dag 0. Ved dag 35 var det ikke detekterbare mengder av C-vitamin igjen i noen mosprøver.

**Tabell 4.9.** angir innholdet av L-AA i jordbærmos ved dag 0, 14 og 35, målt i mg per 100 g prøve.**Tabell 4.9.** L-askorbinsyreinnhold (mg L-AA/100 g prøve) i jordbærmos for alle betingelser ved dag 0, 14 og 35<sup>ab</sup>

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER
<b>Kontroll</b>	1,3 ± 0,1 bcd		
<b>VB</b>	15,7 ± 0,7 a	2,9 ± 1,2 bcd	0,9 ± 1,5 cd
<b>400-1,5</b>	1,8 ± 0,9 bcd	0,0 ± 0,0 d	0,0 ± 0,0 d
<b>400-3</b>	3,3 ± 0,4 bcd	0,0 ± 0,0 d	0,0 ± 0,0 d
<b>500-1,5</b>	1,0 ± 1,0 cd	0,0 ± 0,0 d	0,0 ± 0,0 d
<b>500-3</b>	5,0 ± 3,7 b	0,0 ± 0,0 d	0,0 ± 0,0 d
<b>600-1,5</b>	3,6 ± 1,5 bc	0,0 ± 0,0 d	0,0 ± 0,0 d
<b>600-3</b>	4,7 ± 2,4 b	0,0 ± 0,0 d	0,0 ± 0,0 d

<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller (n = 3). (Unntak der n=2: VB-0, 400-3-0, 500-3-0). <sup>b</sup>Basert på Tukeys test er verdiene med ulike bokstaver forskjellige (p ≤ 0,05)

Ved dag 0 hadde varmebehandlet mos signifikant høyere L-AA-innhold enn de øvrige prøvene. Ved dag 14 og 35 var det ingen signifikante forskjeller mellom prøvene. Tapet fra dag 0 til 14 var signifikant for all mos, bortsett fra de tre mildeste trykkbetingelsene. Tilnærmet all L-AA var tapt etter 14 dager.

I tabell 4.10. vises innholdet av dehydroaskorbinsyre (DHAA) i jordbærmos målt i mg per 100 g prøve.

**Tabell 4.10.** Dehydroaskorbinsyreinnhold (mg DHAA/100 g prøve) i jordbærmos for alle betingelser ved dag 0, 14 og 35<sup>ab</sup>

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER
Kontroll	15,7 ± 0,4 a		
VB	6,2 ± 0,5 de	7,7 ± 0,9 d	-0,4 ± 0,7 g
400-1,5	14,5 ± 2,3 ab	4,0 ± 0,4 e	0,4 ± 0,6 fg
400-3	9,3 ± 0,6 cd	5,7 ± 0,1 de	0,1 ± 0,1 fg
500-1,5	11,5 ± 1,1 bc	4,1 ± 1,9 e	0,0 ± 0,0 fg
500-3	12,5 ± 1,9 abc	3,1 ± 1,4 ef	0,0 ± 0,0 fg
600-1,5	13,5 ± 0,7 ab	0,5 ± 0,9 fg	0,0 ± 0,0 fg
600-3	12,6 ± 0,8 abc	0,7 ± 0,8 fg	0,0 ± 0,0 fg

<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller ( $n = 3$ ). (Unntak der  $n = 2$ : VB-0, 400-3-0, 500-3-0). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test er verdiene med ulike bokstaver forskjellige ( $p \leq 0,05$ )

Ved dag 0 var det, sammenlignet med kontroll, signifikant mindre DHAA i varmebehandlet mos, 400-3- og 500-1,5-mos. Varmebehandlet mos hadde i tillegg lavere innhold enn alle de andre trykkbetingelsene, unntatt 400-3. DHAA-tapet under lagring var signifikant i alle prøver. Ved dag 35 var det ingen forskjeller mellom prøvene, men ved dag 14 hadde varmebehandlet mos signifikant mer DHAA enn alle trykkbehandlede prøver, fortsatt med unntak av 400-3.

#### 4.1.6. Farge

Følgende kapittel viser fargeverdier målt med HunterLab, samt bilder tatt med DigiEye. Det henvises til vedlegg 2 for oversikt over a\*- og b\*-verdier, da °Hue og Chroma er beregnet ut fra disse. L\* er et mål på prøvens lyshet (svart = 0, hvit = 100). °Hue måler prøvens fargetone, det vil si hvor på fargesirkelen prøven ligger (0°/360° = rød, 90° = gul, 180° = grønn, 270° = blå) og Chroma er et mål på fargeintensitet, der høyere verdi betyr høyere intensitet eller styrke. Acceptance factor (AF) er forholdet mellom a\* og °Hue og har vist seg å korrelere godt med forbrukernes aksept av jordbærprodukter. Tabell 4.11. på neste side viser målte L\*-verdier i jordbærmos for alle betingelser ved dag 0, 14, 35 og 49.

**Tabell 4.11.** L\*-verdier i jordbærmos for alle betingelser ved alle lagringstider<sup>ab</sup>

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER	49 DAGER
Kontroll	20,1 ± 0,6 abcd			
VB	21,6 ± 1,0 abc	22,0 ± 0,6 ab	20,6 ± 1,9 abcd	22,7 ± 0,8 a
400-1,5	19,7 ± 1,1 abcd	18,5 ± 0,8 cdefg	16,0 ± 1,0 fgh	18,1 ± 0,3 defgh
400-3	19,0 ± 0,5 bcdef	18,5 ± 0,5 defg	19,1 ± 2,1 bcde	18,9 ± 0,7 bcdef
500-1,5	19,7 ± 0,4 abcd	19,1 ± 1,6 bcdef	17,6 ± 0,4 defgh	18,9 ± 0,8 bcdef
500-3	19,7 ± 0,5 abcd	18,1 ± 0,7 defgh	16,5 ± 2,3 efgh	18,8 ± 0,2 cdef
600-1,5	20,0 ± 0,3 abcd	18,1 ± 0,2 defgh	15,1 ± 1,1 h	18,9 ± 0,1 bcdef
600-3	19,7 ± 0,7 abcd	19,1 ± 0,5 bcdef	15,6 ± 0,7 gh	18,9 ± 0,4 cdef

<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller (n = 3). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test er verdiene med ulike bokstaver forskjellige (p ≤ 0,05)

Ved dag 0 var det ikke signifikante forskjeller mellom prøvene. Ved dag 35 var L\* i 400-1,5-, 500-3- og 600-1,5 og 600-3-mos signifikant lavere enn ved dag 0. Ved dag 49 var det derimot ikke forskjell fra dag 0. Endringene i varmebehandlet mos var ikke signifikante, men ved dag 49 var L\* i all trykkbehandlet mos signifikant lavere enn i varmebehandlet mos. Generelt ga trykkbehandling lavere L\* enn varmebehandling under lagring.

Tabell 4.12. viser beregnede °Hue-verdier i jordbærmos ved alle fire lagringstider.

**Tabell 4.12.** °Hue-verdier i jordbærmos for alle betingelser ved alle lagringstider<sup>ab</sup>

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER	49 DAGER
Kontroll	32,9 ± 0,3 a			
VB	32,8 ± 0,4 a	31,3 ± 0,4 ab	31,5 ± 1,5 ab	30,4 ± 1,1 ab
400-1,5	32,3 ± 0,4 a	31,2 ± 0,3 ab	31,4 ± 0,3 ab	29,8 ± 0,7 abc
400-3	32,3 ± 0,2 a	31,4 ± 0,4 ab	28,0 ± 2,5 bc	29,2 ± 0,6 abc
500-1,5	32,4 ± 0,6 a	31,4 ± 0,3 ab	30,9 ± 1,1 ab	29,8 ± 0,5 abc
500-3	31,9 ± 0,4 a	31,8 ± 0,2 ab	31,2 ± 0,7 ab	29,9 ± 0,2 abc
600-1,5	32,2 ± 0,2 a	31,3 ± 0,4 ab	32,1 ± 0,6 a	29,9 ± 0,2 abc
600-3	32,2 ± 0,9 a	31,1 ± 0,3 ab	32,5 ± 0,7 a	30,7 ± 0,4 ab

<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller (n = 3). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test er verdiene med ulike bokstaver forskjellige (p ≤ 0,05)

I mos var det svært få signifikante forskjeller i °Hue mellom de ulike betingelsene og under lagring. Kun 400-3 hadde ved dag 35 lavere °Hue enn ved dag 0, samt lavere enn 600-1,5- og 600-3-mos ved dag 35.

Tabell 4.13. viser beregnede Chroma-verdier i jordbærmos for alle betingelser ved alle fire lagringstider.

**Tabell 4.13.** Chroma-verdier i jordbærmos for alle betingelser ved alle lagringstider<sup>ab</sup>

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER	49 DAGER
<b>Kontroll</b>	34,4 ± 1,1 ab			
<b>VB</b>	35,1 ± 0,8 a	35,1 ± 0,4 a	32,3 ± 2,3 abcdef	32,9 ± 1,9 abcd
<b>400-1,5</b>	33,6 ± 1,3 ab	31,8 ± 1,1 abcdefgh	29,4 ± 0,4 efghi	29,4 ± 0,7 efghi
<b>400-3</b>	33,1 ± 0,3 abc	32,1 ± 1,1 abcdefg	28,9 ± 1,5 ghi	29,6 ± 1,0 defghi
<b>500-1,5</b>	34,0 ± 0,5 ab	32,8 ± 1,2 abcd	29,2 ± 0,4 fghi	29,6 ± 0,7 defghi
<b>500-3</b>	33,9 ± 0,6 ab	32,0 ± 0,3 abcdefgh	29,9 ± 1,8 cdefghi	29,7 ± 0,9 defghi
<b>600-1,5</b>	33,6 ± 0,5 ab	31,6 ± 0,5 bcdefghi	28,4 ± 1,2 i	29,2 ± 0,4 efghi
<b>600-3</b>	33,7 ± 1,3 ab	32,5 ± 0,5 abcde	28,8 ± 0,6 hi	30,0 ± 1,0 cdefghi

<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller ( $n = 3$ ). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test er verdiene med ulike bokstaver forskjellige ( $p \leq 0,05$ )

Det var ingen signifikante forskjeller i Chroma ved dag 0. Ved dag 14 var det kun forskjell mellom 600-1,5 og varmebehandlet mos, der førstnevnte hadde lavest Chroma-verdi. Ved dag 35 var det derimot signifikant lavere Chroma i 400-3-, 600-1,5 og 600-3-mos i sammenlignet med varmebehandlet mos. Ved dag 49 var det kun forskjell mellom varmebehandlet mos og 400-1,5- og 600-1,5-mos. Alle trykk-behandlede prøver hadde også signifikant lavere Chroma ved dag 49 sammenlignet med dag 0. Det var altså en generell tendens til at Chroma var lavere i trykkbehandlet enn varmebehandlet mos, samt at deres verdier avtok under lagring. Chroma i varmebehandlet mos endret seg ikke signifikant under lagring.

Tabell 4.14. viser beregnet Acceptance factor (AF) i jordbærmos ved alle lagringstider.

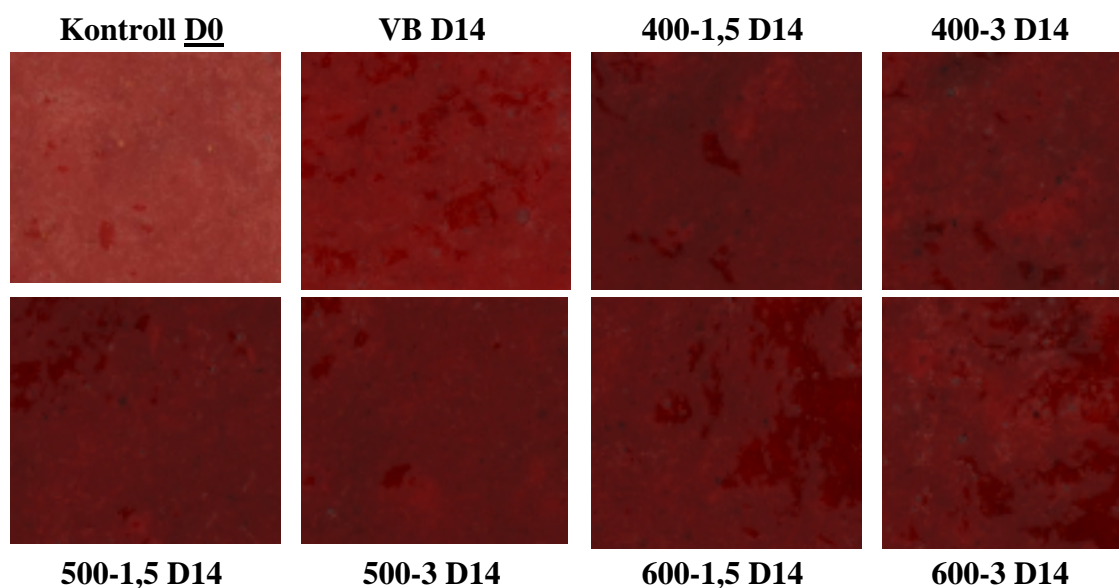
**Tabell 4.14.** AF-verdier i jordbærmos for alle betingelser ved alle lagringstider<sup>ab</sup>

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER	49 DAGER
<b>Kontroll</b>	0,88 ± 0,02 abcde			
<b>VB</b>	0,90 ± 0,02 abcd	0,96 ± 0,01 a	0,88 ± 0,04 abcde	0,93 ± 0,03 ab
<b>400-1,5</b>	0,88 ± 0,04 abcde	0,87 ± 0,03 abcde	0,80 ± 0,02 ef	0,86 ± 0,04 bcde
<b>400-3</b>	0,87 ± 0,01 abcde	0,87 ± 0,02 abcde	0,91 ± 0,07 abc	0,89 ± 0,04 abcde
<b>500-1,5</b>	0,89 ± 0,01 abcde	0,89 ± 0,04 abcde	0,81 ± 0,05 def	0,86 ± 0,04 abcde
<b>500-3</b>	0,90 ± 0,02 abcd	0,86 ± 0,01 bcde	0,82 ± 0,07 cdef	0,86 ± 0,03 bcde
<b>600-1,5</b>	0,88 ± 0,01 abcde	0,86 ± 0,01 bcde	0,75 ± 0,02 f	0,85 ± 0,01 bcdef
<b>600-3</b>	0,89 ± 0,02 abcde	0,90 ± 0,01 abcde	0,75 ± 0,02 f	0,84 ± 0,02 bcdef

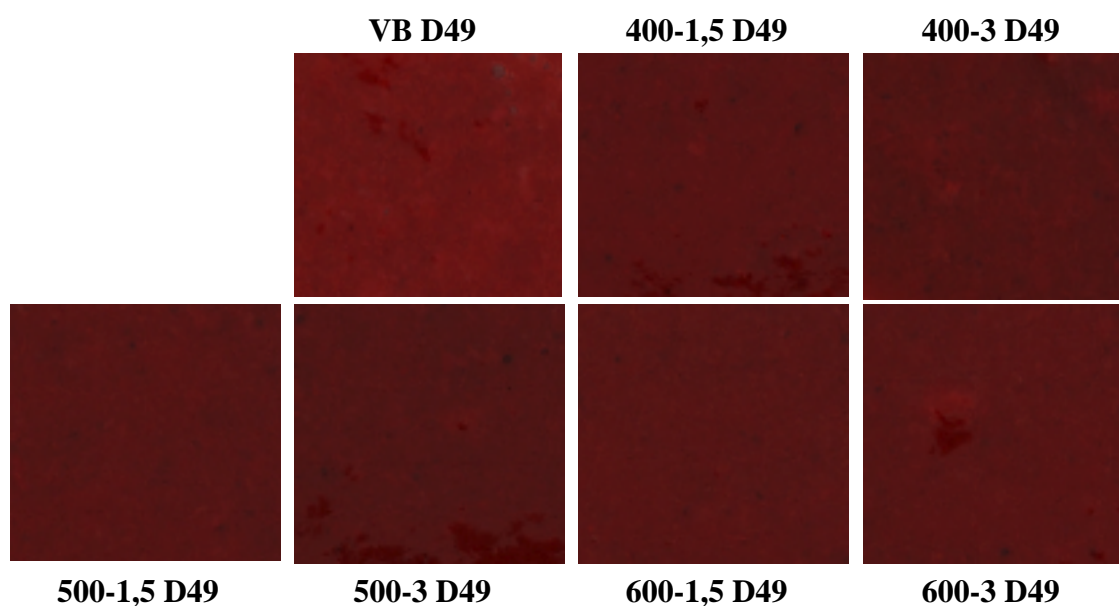
<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller ( $n = 3$ ). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test er verdiene med ulike bokstaver forskjellige ( $p \leq 0,05$ )

AF-verdiene endret seg ikke under prosessering og det var få signifikante endringer under lagring. I mos ga kun 600-1,5- og 600-3-mos signifikant lavere AF ved dag 35 i forhold til dag 0 og varmebehandlet mos ved dag 35. Ved dag 49 var det derimot ingen forskjeller.

Det henvises til vedlegg 3 for DigiEye-bilder av mos ved dag 0, da det ikke var store fargeforskjeller på disse. Figur 4.1. og 4.2. viser DigiEye-bilder av mos ved henholdsvis lagringsdag 14, hvor kontroll (D0) er inkludert for sammenligning, og 49. Ved dag 35 var fargen svært lik dag 14, det henvises derfor til vedlegg 3 for disse.



**Figur 4.1.** DigiEye-bilder jordbærmos dag 14, øverst fra venstre: VB, 400-1,5, 400-3, 500-1,5, 500-3, 600-1,5, 600-3 og kontroll ved dag 0 (alle parallell 1).



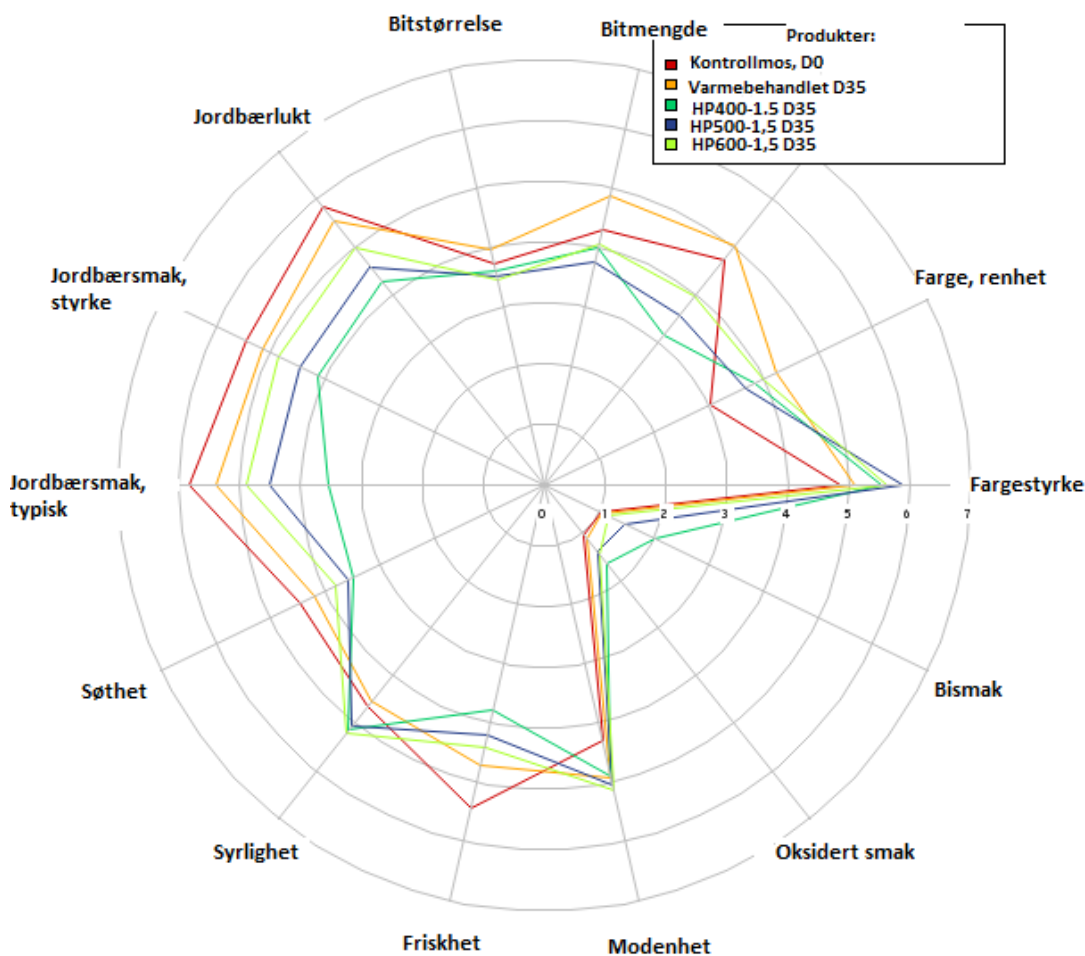
**Figur 4.2.** DigiEye-bilder jordbærmos dag 49, øverst fra venstre: VB, 400-1,5, 400-3, 500-1,5, 500-3, 600-1,5, 600-3 (alle parallell 1).



Bildene viser at varmebehandlet mos var lysere enn de trykkbehandlede. Det var ingen tydelige fargeforskjeller mellom de ulike trykkbetingelsene. Ved dag 49 var alle mosprøver noe mørkere sammenlignet med dag 0.

#### 4.1.7. Sensorisk profilering av jordbærmos

Syv dommere hos FellesJuice utførte sensorisk profilering av kontrollmos (dag 0) og varmebehandlet mos og mos behandlet ved 400, 500 og 600 MPa i 1,5 minutt lagret i 35 dager (6 °C) med et gjentak. Vedlegg 4 viser tabeller med laveste og høyeste poeng gitt for hver egenskap og prøve, samt gjennomsnitt og standardavvik i jordbærmos. Gjennomsnittsverdier og To-veis ANOVA med Tukey-gruppering er vist i vedlegg 5. Figur 4.3. viser spiderplott med gjennomsnittlig verdi for hver egenskap for alle prøvene. Det henvises til vedlegg 6 for PCA-plott basert på de samme resultatene.



**Figur 4.3.** Spiderplott for profilering av jordbærmos basert på gjennomsnittsverdier fra alle dommenes poeng for hver enkelt egenskap og prøve.

### *Signifikante forskjeller*

Følgende egenskaper ble funnet å være signifikant forskjellige i den sensoriske profileringen av jordbærmos. Trykkbehandlede prøver var signifikant mørkere enn ubehandlede kontrollprøver. I tillegg var varmebehandlet og mos prosessert ved 400 og 600 MPa mer gråbrune (farge renhet) enn kontrollmos.

Videre hadde kontrollmos mer jordbærduft enn trykkbehandlet mos. Jordbærduften var også sterkere i varmebehandlet mos enn mos behandlet ved 400 og 500 MPa. Det var derimot ikke signifikant forskjell på varmebehandlet mos og 600-1,5-mos.

Med hensyn til styrken på jordbærsmaken, var denne signifikant sterkere i kontroll enn prøver prosessert ved 400 og 500 MPa. Referansemosen hadde sterkere jordbærsmak enn 400-mosen. 400-mosen hadde også mindre typisk jordbærsmak enn de øvrige prøvene. Videre hadde kontroll signifikant mer typisk jordbærsmak og var søtere enn alle trykkbehandlede prøver. Varmebehandlet mos hadde mer typisk jordbærsmak og var søtere enn mos behandlet ved 400 og 500 MPa. Utover dette var kontroll også friskere enn de tre trykkbehandlede prøvene, mens varmebehandlet mos ble bedømt som friskere enn mos behandlet ved 400 MPa. 400-mosen var mer oksidert enn kontroll og varmebehandlet mos. I tillegg ga 400 MPa signifikant mer bismak.

Når det gjelder konsistensen, var kontroll- og referansemos signifikant tykkere enn trykkbehandlet mos. 600 MPa ga videre tykkere konsistens enn 400 MPa. I tillegg hadde varmebehandlet mos mer biter enn trykkbehandlede prøver.

## **4.2. Effekt av trykk, holdetid og lagring på farge og innholdsstoffer i høytrykksbehandlet jordbærmos**

Videre følger hoved- og samspillseffekter beregnet ved ANOVA (General linear model) for trykkbehandlet mos med signifikansverdier i tabell 4.15. Deretter følger tabeller med resultatene over de viktigste signifikante forskjellene. Tabell 4.16. viser alle hovedeffektene, det vil si høytrykk (trykk: 400, 500 og 600 MPa), holdetid (tid: 1,5 og 3 min) og lagring (L-tid: 0, 14, 35 og 49 dager). Tabell 4.17. viser samspillseffekter (trykk\*L-tid). Det henvises til vedlegg 7 for samspill som ikke ga ny informasjon og der det var få eller ingen signifikante forskjeller er utelatt, det vil si trykk\*tid, tid\*L-tid og trykk\*tid\*L-tid.

#### 4. Resultater

**Tabell 4.15.** Signifikansverdier for hoved- og samspillseffekter for høytrykksbehandlet jordbærmos<sup>ab</sup>

Signifikans	Egenskaper										
	PPO	TMA	pH	Brix	L*	Hue	Chroma	AF	Tot-AA	L-AA	DHAA
<b>Trykk</b>	p < 0,001	p = 0,914	p = 0,819	p = 0,008	p = 0,358	p = 0,065	p = 0,216	p = 0,004	p = 0,500	p = 0,293	p = 0,011
<b>Tid</b>	p = 0,003	p = 0,922	p = 0,210	p = 0,099	p = 0,405	p = 0,807	p = 0,492	p = 0,106	p = 0,560	p = 0,011	p = 0,084
<b>L-tid</b>	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001
<b>Trykk*tid</b>	p = 0,887	p = 0,593	p = 0,097	p = 0,752	p = 0,051	p = 0,041	p = 0,366	p = 0,105	p = 0,111	p = 0,320	p = 0,157
<b>Trykk*L-tid</b>	p = 0,027	p = 0,788	p = 0,023	p = 0,077	p = 0,014	p = 0,031	p = 0,887	p = 0,001	p < 0,001	p = 0,314	p < 0,001
<b>Tid*L-tid</b>	p = 0,05	p = 0,734	p = 0,891	p = 0,268	p = 0,320	p = 0,122	p = 0,881	p = 0,298	p = 0,804	p = 0,003	p = 0,022
<b>Trykk*tid*L-tid</b>	p = 0,154	p = 0,323	p = 0,092	p = 0,921	p = 0,046	p = 0,150	p = 0,826	p = 0,059	p = 0,001	p = 0,366	p < 0,001

<sup>a</sup> Signifikans av de ulike egenskapene er bestemt med General linear model ANOVA, <sup>b</sup> Trykk: høytrykk (400, 500 og 600 MPa), tid: holdetid (1,5 og 3 min), L-tid: lagringstid (0, 14, 35 og 49 dager).

**Tabell 4.16.** Hovedeffekter for høytrykksbehandlet jordbærmos<sup>ab</sup>

Hovedeffekt	Egenskaper										
Trykk (MPa)	PPO	TMA	pH	Brix	L*	Hue	Chroma	AF	Tot-AA	L-AA	DHAA
400	12,5 a	10,8 a	3,2 a	8,3 b	18,5 a	30,7 a	31 a	0,9 a	6,5 a	0,9 a	5,7 a
500	11,6 b	10,8 a	3,2 a	8,4 b	18,6 a	30,7 a	31,4 a	0,9 a	6,2 a	1,0 a	5,2 ab
600	10,7 c	10,7 a	3,2 a	8,6 a	18,2 a	31,5 a	31,0 a	0,8 b	5,9 a	1,4 a	4,6 b
<b>Tid (min)</b>											
1,5	12,0 a	10,8 a	3,2 a	8,4 a	18,3 a	30,9 a	31,0 a	0,8 a	6,1 a	0,7 a	5,4 a
3	11,2 b	10,8 a	3,2 a	8,5 a	18,5 a	31,0 a	31,2 a	0,9 a	6,3 a	1,4 a	4,9 a
<b>L-tid (dager)</b>											
0	8,5 d	15,4 a	3,3 a	8,2 b	19,6 a	32,2 a	33,6 a	0,9 a	15,6 a	3,2 a	12,3 a
14	9,6 c	11,3 b	3,2 b	8,6 a	18,6 b	31,3 ab	32,1 b	0,9 a	3,0 b	0,0 a	3,0 b
35	12,6 b	8,8 c	3,2 c	8,4 ab	16,7 c	31,0 b	29,1 c	0,8 b	0,1 c	-0,0 a	0,1 c
49	15,6 a	7,5 d	3,1 d	8,6 a	18,8 b	29,3 c	29,6 c	0,9 a	*	*	*

<sup>a</sup> Resultatene er gitt som gjennomsnittsverdier av alle prøver ved ulike behandlinger. <sup>b</sup> Basert på Tukeys test der verdiene i en kolonne med ulik bokstaver er forskjellige ( $p \leq 0,05$ ).

Resultatene i tabell 4.15. viser at lagringstid (L-tid) hadde signifikant ( $p \leq 0,05$ ) effekt på alle egenskapene i bærmosen. Trykk hadde signifikant effekt på PPO-aktivitet, °Brix, AF-verdier og DHAA-innhold, mens holdetid (tid) hadde effekt på PPO-aktivitet og L-AA-innhold. For samspillseffektene hadde trykk\*L-tid signifikant effekt på PPO-aktivitet, pH, L\*-verdier, Hue, AF, samt totalt askorbinsyre- og DHAA-innhold. Øvrige samspill hadde mindre effekt.

Tabell 4.16. viser at økt trykk ga signifikant lavere PPO-aktivitet, samt noe forskjell i °Brix, AF-verdier og DHAA-innhold. Lengre holdetid ga signifikant lavere PPO-aktivitet, men ikke signifikant effekt på andre måleparametere. Videre økte PPO-aktiviteten under lagring, mens TMA-innholdet avtok. Ved dag 49 var TMA-innholdet omtrent halvert sammenlignet med dag 0. I tillegg avtok L\*, Hue og Chroma, samt pH og askorbinsyreinnholdet, under lagring.

#### 4. Resultater

**Tabell 4.17.** Tofaktorsamspill med trykk (MPa) og lagringstid (L-tid: dager) for høytrykksbehandlet jordbærmos<sup>ab</sup>

Hovedeffekt		Egenskaper										
Trykk	L-tid	PPO	TMA	pH	Brix	L*	°Hue	Chroma	AF	Tot-AA	L-AA	DHAA
400	0	9,3 def	15,3 a	3,3 a	8,3 bc	19,4 ab	32,3 a	33,3 ab	0,9 ab	14,5 a	2,6 a	11,9 a
400	14	10,5 cde	11,2 b	3,2 b	8,7 ab	18,5 abc	31,3 abc	32,0 b	0,9 ab	4,9 b	0,0 b	4,9 b
400	35	14,5 ab	8,8 c	3,2 c	8,1 bc	17,6 bc	29,7 bcd	29,1 c	0,9 ab	0,2 c	-0,0 b	0,2 c
400	49	15,8 a	7,8 c	3,1 d	8,3 bc	18,5 abc	29,5 cd	29,5 c	0,9 ab	*	*	*
500	0	8,6 ef	15,8 a	3,3 a	8,1 c	19,7 a	32,1 ab	33,9 a	0,9 a	15,0 a	3,0 a	12,0 a
500	14	9,6 def	11,2 b	3,2 b	8,5 abc	18,6 abc	31,6 abc	32,4 ab	0,9 ab	3,6 b	0,0 b	3,6 b
500	35	12,5 bc	8,6 c	3,2 cd	8,4 abc	17,1 cd	31,1 abc	29,5 c	0,9 ab	0,0 c	-0,0 b	0,0 c
500	49	15,5 a	7,5 c	3,1 e	8,5 abc	18,9 abc	28,2 d	29,7 c	0,9 ab	*	*	*
600	0	7,6 f	15,1 a	3,3 a	8,3 bc	19,9 a	32,2 ab	33,6 ab	0,9 a	17,2 a	4,1 a	13,1 a
600	14	8,6 ef	11,5 b	3,2 b	8,7 ab	18,6 abc	31,2 abc	32,0 b	0,9 ab	0,6 c	0,0 b	0,6 c
600	35	10,9 cd	8,9 c	3,2 c	8,6 abc	15,4 d	32,3 a	28,6 c	0,7 c	-0,0 c	-0,0 b	-0,0 c
600	49	15,5 a	7,2 c	3,1 e	8,9 a	18,9 abc	30,3 abcd	29,6 c	0,8 ab	*	*	*

<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier av alle prøver ved en betingelse ( $n = 3 \times 4$ ). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test der verdiene i en kolonne med ulik bokstaver er forskjellige ( $p \leq 0,05$ )

Tofaktorsamspillet i tabell 4.17. viser at trykk og lagringstid sammen hadde en signifikant effekt ( $p \leq 0,05$ ) på PPO-aktivitet. Generelt avtok aktiviteten med økende trykk og lagringstid, men ettersom det er signifikant effekt av samspillet, skjer dette i ulik grad for alle prøvene. For TMA var det ikke forskjell mellom trykkbetingelsene med hensyn til grad av tap under lagring.  $L^*$  var signifikant lavere i 600-mos enn 400-mos ved dag 35, mens  $^{\circ}\text{Hue}$  var signifikant høyere. 600-mos hadde i tillegg signifikant lavere AF ved dag 35 enn de andre prøvene ved samtlige lagringstider. Askorbinsyreinnholdet avtok raskere i 600-mos enn 400- og 500-mos, da totalt askorbinsyreinnhold var signifikant lavere ved dag 14.

### 4.3. Jordbærjuice

Følgende kapittel viser resultater for kontrolljuice, varmebehandlet juice og høytrykksbehandlet juice. Alle prøver, unntatt etter mikrobiologisk analyse, er sammenlignet med ANOVA General linear model med Tukeys test.

#### 4.3.1. Mikrobiologisk vekst

På grunn av lite vekst av mugg og gjær og få tellbare og sikre totaltall (over 15 kolonier) ble det ikke gjort statistiske analyser. Tabell 4.18., 4.19. og 4.20. viser henholdsvis totaltall, gjær og mugg i jordbærjuice gitt i log cfu per ml etter 0, 14, 35 og 49 dagers lagring.

**Tabell 4.18.** Totaltall (log cfu/ml) i jordbærjuice for alle betingelser ved alle lagringstider<sup>a</sup>.

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER	49 DAGER
<b>Kontroll</b>	1,7* ± 0,4			
<b>VB</b>	0,7 ± 1,2	< 0	0,9 ± 1,5	1,2 ± 0,2
<b>400-3</b>	1,4* ± 0,0	0,7 ± 1,2	2,2 ± 0,1	1,9 ± 0,1
<b>500-1,5</b>	2,0 ± 0,3	2,1 ± 0,2	2,1 ± 0,2	2,0 ± 0,1
<b>500-3</b>	1,7 ± 0,6	2,5 ± 0,5	2,1 ± 0,1	1,9 ± 0,1
<b>600-3</b>	2,0 ± 0,0	3,0 ± 0,0	1,8 ± 0,5	1,9 ± 0,2

<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre parallelle (n = 3).

\* Kontroll 1, 400-3-1+2: tntc (Too numerous to count)

Det var, som nevnt, få tellbare totaltall i jordbærprøvene. Ved alle lagringstider var det mindre bakterievekst i varmebehandlet juice enn all høytrykksbehandlet juice. Med noen unntak økte bakterietallet under lagringen. Ved dag 14 ble det ikke påvist

bakterievekst i varmebehandlet juice og det var mindre vekst i 400-3-juice enn ved dag 0. 500-1,5- og 600-3-juice hadde mer bakterievekst enn kontroll ved dag 0.

**Tabell 4.19.** Gjærvekst (log cfu/ml) i jordbærjuice for alle betingelser ved alle lagringstider<sup>a</sup>.

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER	49 DAGER
<b>Kontroll</b>	1,7 ± 0,1			
<b>VB</b>	< 0	< 0	< 0	< 0
<b>400-3</b>	< 0	0,3 ± 0,6	< 0	< 0
<b>500-1,5</b>	< 0	< 0	1,3 ± 0,0	< 0
<b>500-3</b>	< 0	< 0	< 0	< 0
<b>600-3</b>	< 0	< 0	1,6 ± 0,0	< 0

<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller (n = 3).

Det ble påvist gjærvekst i kontrolljuice ved dag 0 og 400-3-juice ved dag 14, samt 600-3-juice ved dag 35.

**Tabell 4.20.** Muggvekst (log cfu/ml) i jordbærjuice for alle betingelser ved alle lagringstider<sup>a</sup>.

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER	49 DAGER
<b>Kontroll</b>	0,3 ± 0,5	< 0	< 0	< 0
<b>VB</b>	< 0	< 0	< 0	< 0
<b>400-3</b>	< 0	< 0	< 0	4,0 ± 1,8
<b>500-1,5</b>	< 0	< 0	< 0	1,9 ± 0,2
<b>500-3</b>	< 0	< 0	< 0	< 0
<b>600-3</b>	< 0	< 0	< 0	2,2 ± 0,0

<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller (n = 3).

Muggvekst ble påvist i kontrolljuice ved dag 0, samt 400-3-, 500-1,5- og 600-3-juice etter 49 dagers lagring.

#### 4.3.2. pH- og °Brix-verdier

Tabell 4.21. viser pH-verdier i jordbærjuice for alle betingelser ved alle lagringstider.

**Tabell 4.21.** pH-verdier i jordbærjuice for alle betingelser ved alle lagringstider<sup>ab</sup>

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER	49 DAGER
<b>Kontroll</b>	3,34 ± 0,01 a			
<b>VB</b>	3,34 ± 0,00 a	3,26 ± 0,01 c	3,26 ± 0,01 c	3,26 ± 0,00 c
<b>400-3</b>	3,32 ± 0,01 ab	3,22 ± 0,02 de	3,21 ± 0,01 de	3,22 ± 0,00 de
<b>500-1,5</b>	3,31 ± 0,01 b	3,20 ± 0,01 de	3,19 ± 0,01 e	3,20 ± 0,01 e
<b>500-3</b>	3,33 ± 0,01 ab	3,20 ± 0,01 de	3,20 ± 0,01 e	3,21 ± 0,01 de
<b>600-3</b>	3,30 ± 0,01 b	3,21 ± 0,00 de	3,20 ± 0,02 de	3,22 ± 0,00 d

<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller (n = 3). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test er verdiene i en kolonne med ulike bokstaver forskjellige (p ≤ 0,05)



I juice var det, i henhold til tabell 2.21., ikke signifikante forskjeller i pH mellom prøvene ved dag 0. pH sank under lagringen og endringen var størst i trykkbehandlet juice.

Tabell 4.22. viser °Brix-verdiene målt i jordbærjuice ved alle fire lagringstider.

**Tabell 4.22.** °Brix-verdier i jordbærjuice for alle betingelser ved alle lagringstider<sup>ab</sup>

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER	49 DAGER
<b>Kontroll</b>	7,4 ± 0,0 ab			
<b>VB</b>	7,6 ± 0,1 ab	7,4 ± 0,2 b	7,5 ± 0,1 ab	7,5 ± 0,1 ab
<b>400-3</b>	7,8 ± 0,4 ab	6,8 ± 0,8 b	7,4 ± 0,1 ab	7,6 ± 0,2 ab
<b>500-1,5</b>	7,9 ± 0,0 a	7,7 ± 0,2 ab	7,8 ± 0,0 ab	7,8 ± 0,0 ab
<b>500-3</b>	7,6 ± 0,2 ab	7,5 ± 0,2 ab	7,6 ± 0,2 ab	7,5 ± 0,1 ab
<b>600-3</b>	7,6 ± 0,3 ab	7,6 ± 0,1 ab	7,4 ± 0,2 ab	7,4 ± 0,1 ab

<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller ( $n = 3$ ). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test er verdiene i en kolonne med ulike bokstaver forskjellige ( $p \leq 0,05$ )

°Brix-verdiene endret seg ikke verken under prosessering eller lagring i juicen.

#### 4.3.3. PPO-aktivitet

Ved testing av metoden var det ingen PPO-aktivitet i jordbærjuicen.

#### 4.3.4. TMA-innhold

Tabell 4.23. viser innholdet av totale monomere anthocyaniner (TMA) i jordbærjuice gitt i mg cyanidin-3-glukosid-ekvivalenter (CGE) per 100 g prøve for alle prøve-betingelser ved alle lagringstider.

**Tabell 4.23.** TMA-innhold (mg CGE/100 g prøve) i jordbærjuice for alle betingelser ved alle lagringstider<sup>ab</sup>

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER	49 DAGER
<b>Kontroll</b>	15,9 ± 0,9 abc			
<b>VB</b>	15,5 ± 0,9 abc	14,8 ± 2,7 bcd	11,5 ± 0,7 efg	10,1 ± 1,0 fg
<b>400-3</b>	16,6 ± 0,8 abc	15,5 ± 1,8 abc	12,6 ± 0,2 def	11,6 ± 0,3 efg
<b>500-1,5</b>	17,7 ± 0,4 a	17,4 ± 0,7 ab	13,8 ± 0,3 cde	12,4 ± 0,7 defg
<b>500-3</b>	16,8 ± 0,8 ab	15,9 ± 0,8 abc	12,8 ± 0,6 cde	11,2 ± 0,4 efg
<b>600-3</b>	16,4 ± 1,1 abc	15,8 ± 0,4 abc	12,4 ± 0,6 defg	9,8 ± 0,7 g

<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller ( $n = 3$ ). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test er verdiene med ulike bokstaver forskjellige ( $p \leq 0,05$ )

Tabell 4.23. viser at varme- eller trykkbehandlingen ikke ga signifikante endringer i TMA-innholdet sammenlignet med kontroll. Ved dag 14 var det heller ingen forskjeller, men ved dag 35 var det signifikant lavere innhold i alle prøvene i forhold

til dag 0. Det var for øvrig ingen forskjeller mellom de ulike prosesseringsbetingelsene.

#### 4.3.5. Askorbinsyreinnhold

I tabell 4.24. vises totalt askorbinsyreinnhold gitt i mg per 100 g jordbærjuice ved dag 0, 14 og 35 analysert med HPLC.

**Tabell 4.24.** Totalt askorbinsyreinnhold (mg/100 g prøve) i jordbærjuice for alle betingelser ved dag 0, 14 og 35<sup>ab</sup>

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER
<b>Kontroll</b>	19,2 ± 0,1 ab		
<b>VB</b>	16,5 ± 1,1 bc	2,1 ± 1,0 d	1,0 ± 0,1 d
<b>400-3</b>	19,8 ± 4,8 ab	2,5 ± 1,9 d	1,6 ± 0,4 d
<b>500-1,5</b>	10,3 ± 4,2 c	2,8 ± 2,0 d	1,9 ± 0,8 d
<b>500-3</b>	24,3 ± 2,6 a	1,1 ± 1,5 d	1,0 ± 0,4 d
<b>600-3</b>	11,0 ± 1,5 c	4,3 ± 1,8 d	1,1 ± 0,2 d

<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller (n = 3) (Unntak der n = 2: K-0, VB-0, 400-3-0, 500-1,5-0, 600-3-0, 500-1,5-14). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test er verdiene med ulike bokstaver forskjellige (p ≤ 0,05)

500-1,5 og 600-3 skilte seg signifikant fra kontroll med lavere askorbinsyreinnhold ved dag 0. 500-3 hadde signifikant høyere innhold enn varmebehandlet juice. Ved dag 14 og 35 var det svært lite askorbinsyre i prøvene og heller ingen signifikante forskjeller.

Tabell 4.25. viser L-askorbinsyreinnhold (L-AA) i jordbærjuice ved dag 0, 14 og 35, gitt i mg per 100 g prøve.

**Tabell 4.25.** L-askorbinsyreinnhold (mg L-AA/100 g prøve) i jordbærjuice for alle betingelser ved dag 0, 14 og 35<sup>ab</sup>

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER
<b>Kontroll</b>	9,0 ± 0,3 a		
<b>VB</b>	8,1 ± 0,7 a	0,9 ± 0,4 a	0,5 ± 0,0 a
<b>400-3</b>	10,7 ± 0,8 a	3,7 ± 5,2 a	0,5 ± 0,0 a
<b>500-1,5</b>	4,5 ± 5,9 a	6,6 ± 8,2 a	0,5 ± 0,0 a
<b>500-3</b>	11,5 ± 0,8 a	5,8 ± 7,3 a	0,5 ± 0,0 a
<b>600-3</b>	11,1 ± 0,8 a	4,5 ± 4,4 a	0,5 ± 0,0 a

<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller (n = 3). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test er verdiene med ulike bokstaver forskjellige (p ≤ 0,05)

I juice var det ingen signifikante forskjeller i L-AA verken mellom ulike betingelser eller mellom samme betingelser ved ulike lagringstider. L-AA-innholdet avtok under lagring og ved dag 35 var det tilnærmet ikke L-AA igjen i prøvene.

Tabell 4.26. viser innholdet av dehydroaskorbinsyre (DHAA) målt i mg per 100 g prøve i jordbærjuice ved dag 0, 14 og 35.

**Tabell 4.26.** Dehydroaskorbinsyreinnhold (mg DHAA/100 g prøve) i jordbærjuice for alle betingelser ved dag 0, 14 og 35<sup>ab</sup>

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER
Kontroll	10,2 ± 0,2 ab		
VB	8,4 ± 1,8 abc	1,2 ± 0,7 abcd	0,5 ± 0,1 bcd
400-3	9,2 ± 4,1 ab	-1,3 ± 6,5 bcd	1,1 ± 0,4 bcd
500-1,5	5,9 ± 2,3 abcd	-3,9 ± 10,2 cd	1,4 ± 0,8 abcd
500-3	12,8 ± 1,8 a	-4,7 ± 5,7 d	0,5 ± 0,4 bcd
600-3	-0,1 ± 2,3 bcd	-0,2 ± 2,9 bcd	0,6 ± 0,2 bcd

<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller (n = 3). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test er verdiene med ulike bokstaver forskjellige (p ≤ 0,05)

I juice var det ingen signifikante forskjeller i DHAA mellom prøvene ved noen lagringstider. Ved dag 14 og 35 det for øvrig signifikant lavere DHAA-innhold i 500-3 sammenlignet med dag 0. Utover dette var ikke tapet under lagring signifikant, men ved dag 35 var det svært lite DHAA igjen i samtlige prøver.

#### 4.3.6. Farge

Tabell 4.27 viser L\*-verdier i jordbærjuice for alle betingelser ved alle fire lagringstider.

**Tabell 4.27.** L\*-verdier i jordbærjuice for alle betingelser ved alle lagringstider<sup>ab</sup>

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER	49 DAGER
Kontroll	8,6 ± 0,2 a			
VB	7,0 ± 0,04 abcde	8,0 ± 0,7 ab	6,9 ± 0,7 abcde	7,8 ± 0,9 abc
400-3	7,8 ± 1,0 abc	6,8 ± 1,1 abcde	6,2 ± 0,7 bcde	6,4 ± 0,5 bcde
500-1,5	6,9 ± 0,1 abcde	5,5 ± 0,2 e	5,3 ± 0,1 e	5,8 ± 0,2 de
500-3	7,4 ± 0,3 abcd	6,0 ± 0,5 cde	6,0 ± 0,6 cde	7,4 ± 1,0 abcd
600-3	8,0 ± 0,9 ab	6,4 ± 0,6 bcde	5,7 ± 0,6 de	5,8 ± 0,6 de

<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller (n = 3). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test er verdiene med ulike bokstaver forskjellige (p ≤ 0,05)

Ved dag 0 var det ikke signifikante forskjeller i L\* i juiceprøvene. Varmebehandlet juice endret seg ikke under lagringen. For trykkbehandlet juice var det kun signifikant

forskjell i 600-3-juicen ved dag 0, 35 og 49. Ved dag 49 hadde denne juicen, samt 500-1,5-juicen signifikant lavere  $L^*$  enn varmebehandlet juice.

Tabell 4.28. viser beregnede  $^{\circ}$ Hue-verdier i jordbærjuice ved alle fire lagringstider.

**Tabell 4.28.**  $^{\circ}$ Hue-verdier i jordbærjuice for alle betingelser ved alle lagringstider<sup>ab</sup>

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER	49 DAGER
<b>Kontroll</b>	27,8 ± 0,3 a			
<b>VB</b>	24,3 ± 0,1 bcdef	25,2 ± 1,4 abcd	23,5 ± 0,9 bcdef	24,7 ± 1,3 abcdef
<b>400-3</b>	26,0 ± 2,0 abc	23,8 ± 2,6 bcdef	22,0 ± 0,6 f	22,5 ± 0,4 def
<b>500-1,5</b>	24,0 ± 0,2 bcdef	21,6 ± 0,3 f	21,9 ± 0,2 f	22,5 ± 0,3 def
<b>500-3</b>	25,2 ± 0,8 abcde	22,4 ± 0,7 def	22,3 ± 0,5 def	24,1 ± 1,1 bcdef
<b>600-3</b>	26,3 ± 2,0 ab	22,9 ± 0,6 cdef	22,5 ± 0,8 def	22,1 ± 0,7 ef

<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller ( $n = 3$ ). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test er verdiene med ulike bokstaver forskjellige ( $p \leq 0,05$ )

Generelt hadde trykkbehandlet juice lavere  $^{\circ}$ Hue-verdier enn kontroll og varmebehandlet juice. Ved dag 0 hadde også varmebehandlet juice lavere  $^{\circ}$ Hue enn kontroll.  $^{\circ}$ Hue avtok under lagring og da signifikant i 400-3-, 500-1,5- og 600-3-juice. De skilte seg for øvrig ikke fra de andre prosessbetingelsene ved samme lagringstid, bortsett fra 500-1,5 som ved dag 14 hadde signifikant lavere  $^{\circ}$ Hue enn varmebehandlet juice.

Tabell 4.29. viser beregnede Chroma-verdier i jordbærjuice for alle betingelser ved dag 0, 14, 35 og 49.

**Tabell 4.29.** Chroma-verdier i jordbærjuice for alle betingelser ved alle lagringstider<sup>ab</sup>

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER	49 DAGER
<b>Kontroll</b>	26,7 ± 0,1 a			
<b>VB</b>	25,3 ± 0,1 abcd	24,0 ± 0,3 abcde	23,5 ± 0,8 abcde	22,9 ± 0,6 abcde
<b>400-3</b>	26,3 ± 0,6 ab	23,8 ± 2,3 abcde	21,5 ± 0,8 abcde	20,5 ± 0,8 de
<b>500-1,5</b>	25,7 ± 0,1 abcd	20,9 ± 1,0 bcde	19,1 ± 0,2 e	19,7 ± 0,5 e
<b>500-3</b>	26,3 ± 0,6 ab	22,4 ± 1,4 e	20,5 ± 1,3 de	21,2 ± 0,8 abcde
<b>600-3</b>	26,2 ± 0,4 abc	22,9 ± 1,3 abcde	21,3 ± 2,3 abcde	20,7 ± 0,8 cde

<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller ( $n = 3$ ). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test er verdiene med ulike bokstaver forskjellige ( $p \leq 0,05$ )

Ved dag 0 var det ingen signifikante forskjeller i Chroma mellom juiceprøvene. Ved dag 14 var det heller ikke ulikheter mellom prøvene, men 500-3-juice hadde lavere Chroma enn ved dag 0. Ved dag 35 hadde også 500-1,5 signifikant lavere Chroma enn ved dag 0, men det var ikke forskjeller mellom de ulike betingelsene ved dag 35. Det

var det heller ikke ved dag 49. Generelt avtok Chroma under lagring og den avtok mer i trykkbehandlet enn varmebehandlet juice.

Tabell 4.30. viser beregnet Acceptance factor (AF) i jordbærjuice ved dag 0, 14, 35 og 49.

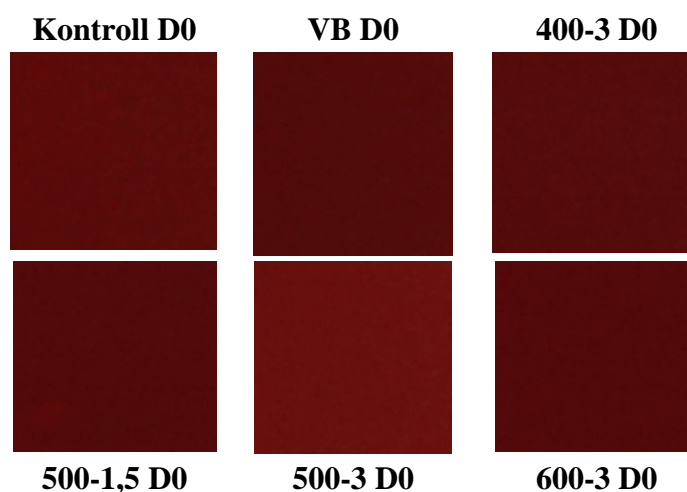
**Tabell 4.30.** AF-verdier i jordbærjuice for alle betingelser ved alle lagringstider<sup>ab</sup>

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER	49 DAGER
<b>Kontroll</b>	0,85 ± 0,01 bc			
<b>VB</b>	0,95 ± 0,00 ab	0,86 ± 0,07 abc	0,92 ± 0,04 abc	0,84 ± 0,05 bc
<b>400-3</b>	0,91 ± 0,07 abc	0,91 ± 0,03 abc	0,90 ± 0,01 abc	0,84 ± 0,03 bc
<b>500-1,5</b>	0,98 ± 0,01 a	0,90 ± 0,02 abc	0,81 ± 0,01 abc	0,81 ± 0,01 abc
<b>500-3</b>	0,94 ± 0,02 ab	0,92 ± 0,03 abc	0,85 ± 0,04 bc	0,80 ± 0,04 abc
<b>600-3</b>	0,90 ± 0,07 abc	0,92 ± 0,03 abc	0,87 ± 0,08 abc	0,87 ± 0,01 abc

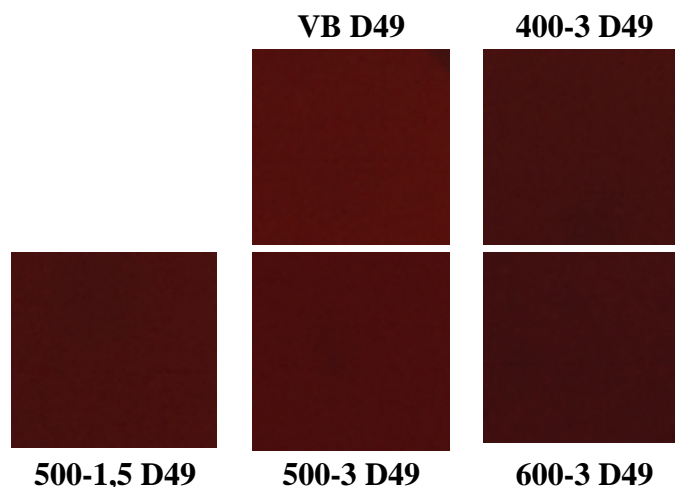
<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller ( $n = 3$ ). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test er verdiene med ulike bokstaver forskjellige ( $p \leq 0,05$ )

AF-verdiene i juice endret seg ikke under prosessering, bortsett fra for 500-1,5-juice som hadde signifikant høyere AF enn kontroll ved dag 0. I juice var det ingen øvrige signifikante forskjeller, men det var en tendens til at AF avtok under lagring.

Figur 4.4. og 4.5. viser DigiEye-bilder av juiceprøver ved henholdsvis dag 0 og dag 49. Det ble ikke tatt bilder ved dag 14. Bildene fra dag 35 viste ingen store forskjeller sammenlignet med dag 49 og det henvises til vedlegg 8 for disse.



**Figur 4.4.** DigiEye-bilder jordbærjuice dag 0, øverst fra venstre: kontroll, VB, 400-3, 500-1,5, 500-3 og 600-3 (parallel 1).

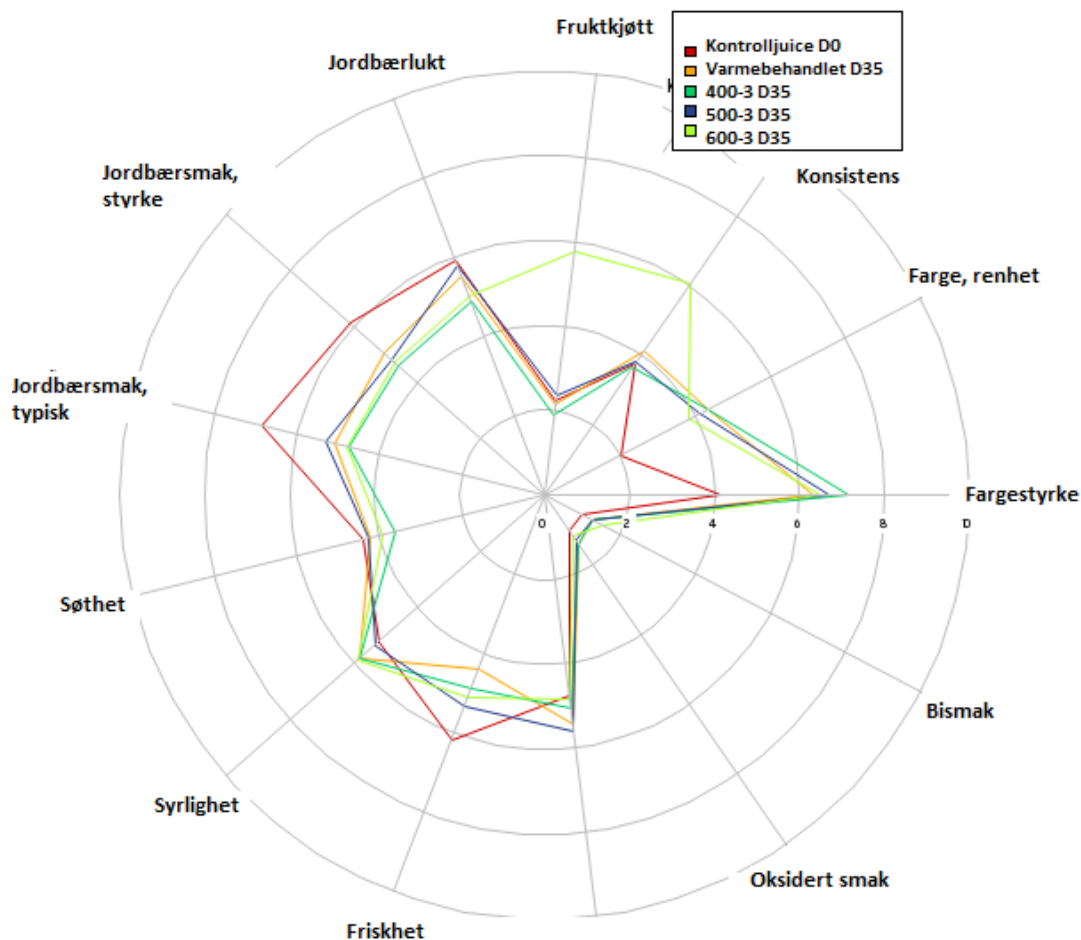


**Figur 4.5.** DigiEye-bilder jordbærjuice dag 49, øverst fra venstre: VB, 400-3, 500-1,5, 500-3 og 600-3 (parallel 1)

Ved dag 0 var det ingen tydelige forskjeller mellom kontroll, varmebehandlet og trykkbehandlet juice, med unntak av 500-3-juice som var noe lysere enn de andre prøvene. Juicen var mørkere ved dag 35 og 49, sammenlignet med dag 0. Det var heller ikke stor forskjell mellom prøvene ved dag 49, men varmebehandlet juice var litt lysere. 500-3 var muligens litt lysere enn 400-3-, 500-1,5- og 600-3-juice.

#### **4.3.7. Sensorisk profilering av jordbærjuice**

Syv dommere hos FellesJuice utførte sensorisk profilering av kontrolljuice ved dag 0 og varmebehandlet juice og juice behandlet ved 400, 500 og 600 MPa i 1,5 minutt lagret i 35 dager (6 °C) uten gjentak. Det henvises til vedlegg 9 for ANOVA-resultater (General linear model) og vedlegg 10 for tabeller med laveste og høyeste poeng gitt for hver egenskap og prøve, samt gjennomsnitt og standardavvik i jordbærjuice. Figur 4.6. viser spiderplott basert på gjennomsnittlig verdi for hver egenskap for alle juiceprøvene. Vedlegg 11 viser PCA-plott over resultatene fra juice-profileringen.

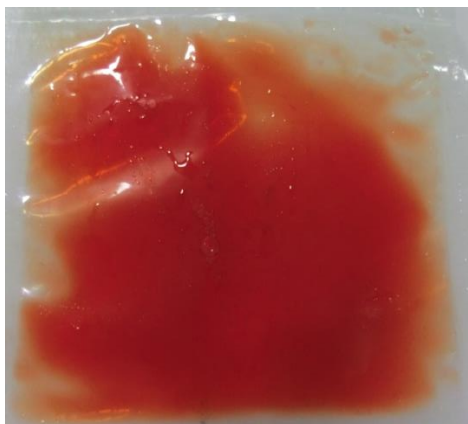


**Figur 4.6.** Spiderplott for profilering av jordbærjuice basert på gjennomsnittsverdier fra alle dommernes poeng for hver enkelt egenskap og prøve.

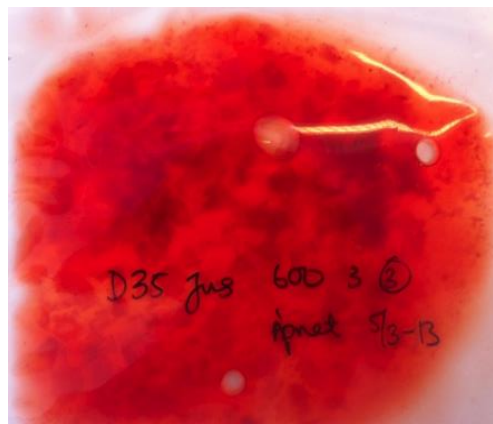
#### *Signifikante forskjeller*

Følgende signifikante forskjeller er basert på ANOVA General linear model (Minitab). Det henvises til vedlegg 9 for tallverdier fra den statistiske analysen. For juice var kontrollprøven signifikant lysere og klarere enn de øvrige prøvene. Juicen behandlet med 600 MPa hadde tykkere konsistens og mer fruktkjøtt enn de andre prøvene.

400- og 600-juice hadde signifikant mindre typisk jordbærsmak etter 35 dager enn kontrollprøven. I tillegg var kontrollprøven friskere enn den varmebehandlede prøven. Figur 4.7. og 4.8. på neste side viser henholdsvis ubehandlet jordbærjuice ved dag 0 og høytrykksbehandlet (600 MPa) juice etter 35 dagers lagring.



**Figur 4.7.** Ubehandlet jordbærjuice dag 0 (Foto: privat).



**Figur 4.8.** 600-3-jordbærjuice dag 35 (Foto: privat).

#### **4.4. Effekt av trykk, holdetid og lagring på farge og innholdstoffer i høytrykksbehandlet jordbærjuice**

Videre følger hoved- og samspillseffekter for høytrykksbehandlet juice med signifikans i tabell 4.31. Deretter følger tabeller med resultatene over de viktigste signifikante forskjellene. Tabell 4.32. viser alle hovedeffektene, det vil si høytrykk (trykk: 400, 500 og 600 MPa), omgang (1-3) og lagring (L-tid: 0, 14, 35 og 49 dager), med signifikansverdier. For juice var ikke tid en faktor, da alle prøver ble behandlet i 3 minutter (500-1,5-juice ble utelatt fra denne statistiske analysen). Derimot var omgang (1-3) en faktor, da dette viste seg å ha effekt. Omgang 1-3 tilsvarer parallell 1-3, det vil si i hvilken omgang de ulike prøvene ble prosessert. Tabell 4.33. viser tofaktorsamspill for trykk\*L-tid. Det henvises til vedlegg 12 for samspill der det var få eller ingen signifikante forskjeller, det vil si og trykk\*omgang og L-tid\*omgang.



#### 4. Resultater

**Tabell 4.31.** Signifikansverdier for hoved- og samspillseffekter for høytrykksbehandlet jordbærjuice<sup>ab</sup>

Signifikans	Egenskaper									
	TMA	pH	°Brix	L*	°Hue	Chroma	AF	Total-AA	L-AA	DHAA
<b>Trykk</b>	p = 0,008	p = 0,059	p = 0,287	p = 0,133	p = 0,614	p = 0,287	p = 0,829	p = 0,074	p = 0,902	p = 0,281
<b>Omgang</b>	p = 0,001	p = 0,014	p = 0,005	p = 0,001	p = 0,005	p = 0,051	p = 0,346	p = 0,646	p = 0,083	p = 0,126
<b>L-tid</b>	p < 0,001	p < 0,001	p = 0,068	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p = 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p = 0,009
<b>Trykk*L-tid</b>	p = 0,039	p = 0,054	p = 0,041	p = 0,015	p = 0,007	p = 0,328	p = 0,123	p = 0,007	p = 0,996	p = 0,063
<b>Trykk*omgang</b>	p = 0,591	p = 0,408	p = 0,603	p = 0,240	p = 0,096	p = 0,319	p = 0,767	p = 0,791	p = 0,995	p = 0,841
<b>L-tid*omgang</b>	p = 0,039	p = 0,785	p = 0,713	p = 0,106	p = 0,009	p = 0,667	p = 0,026	*	*	*

<sup>a</sup> Signifikans av de ulike egenskapene er bestemt med General linear model ANOVA, <sup>b</sup> Trykk: høytrykk (400, 500 og 600 MPa), omgang (1-3), L-tid: lagringstid (0, 14, 35 og 49 dager).

**Tabell 4.32.** Hovedeffekter for høytrykksbehandlet jordbærjuice<sup>ab</sup>

Hovedeffekt	Egenskaper									
Trykk (MPa)	TMA	pH	Brix	L*	°Hue	Chroma	AF	Tot-AA	L-AA	DHAA
400	14,1 ab	3,2 a	7,4 a	6,9 a	23,7 a	23,2 a	0,9 a	7,8 a	5,5 a	2,4 a
500	14,4 a	3,2 a	7,6 a	6,7 a	23,5 a	21,8 a	0,9 a	8,7 a	6,2 a	2,5 a
600	13,6 b	3,2 a	7,5 a	6,4 a	23,5 a	22,8 a	0,9 a	5,6 a	5,8 a	-0,2 a
<b>Omgang</b>										
1	14,6 a	3,2 b	7,7 a	6,2 b	23,2 b	21,3 b	0,9 a	7,7 a	4,5 a	3,2 a
2	13,5 b	3,2 a	7,3 b	7,2 a	24,2 a	23,7 a	0,9 a	7,7 a	8,6 a	-0,9 a
3	13,9 b	3,2 ab	7,5 ab	6,6 b	23,3 b	22,7 ab	0,9 a	6,7 a	4,4 a	2,4 a
<b>L-tid (dager)</b>										
0	16,6 a	3,3 a	7,7 a	7,7 a	25,8 a	26,3 a	0,9 a	18,5 a	12,5 a	6,0 a
14	15,8 b	3,2 bc	7,3 b	6,5 b	23,2 b	22,1 b	0,9 a	2,4 b	4,5 b	0,7 b
35	12,9 c	3,2 c	7,5 ab	6,0 b	22,3 b	21,1 b	0,9 ab	1,2 b	0,5 b	-2,1 b
49	10,9 d	3,2 b	7,5 ab	6,5 b	22,9 b	20,8 b	0,8 b	*	*	*

<sup>a</sup> Resultatene er gitt som gjennomsnittsverdier av alle prøver ved ulike behandlinger. <sup>b</sup> Basert på Tukeys test der verdiene i en kolonne med ulik bokstaver er forskjellige ( $p \leq 0,05$ )

p-verdiene i tabell 4.31. viser at lagringstiden hadde effekt på alle egenskapene i juicen, bortsett fra °Brix-verdiene, med valgt signifikansnivå ( $p \leq 0,05$ ). Trykket hadde kun signifikant effekt på TMA-innholdet. Omgang hadde effekt på både TMA-innhold, pH, °Brix og L\*- og °Hue-verdier. For samspillseffektene hadde trykk\*L-tid effekt på flest egenskaper.

Hovedeffektene i tabell 4.32. viser at trykk ikke utgjorde signifikante forskjeller i juiceprøvene for annet enn TMA-innholdet (med  $p \leq 0,05$ ), med lavere innhold i 600 MPa enn 400 MPa. Omgang 2 hadde høyere L\*, Hue og Chroma enn omgang 1 og 3. Omgangen hadde ikke effekt på askorbinsyreinnholdet. Omgang 1 hadde signifikant høyere TMA-innhold enn omgang 2 og 3. Lagringstiden hadde signifikant effekt på alle egenskaper, men i ulik grad. For TMA var det forskjell ved alle fire lagringstider, med avtagende innhold. Innholdet av total askorbinsyre, L-AA og DHAA ble kraftig redusert under lagringen. L\*, Hue og Chroma avtok også under lagringen, med signifikante forskjeller mellom dag 0 og senere lagringstider.

#### 4. Resultater

**Tabell 4.33.** Tofaktorsamspill med trykk (MPa) og lagringstid (L-tid: dager) for høytrykksbehandlet jordbærjuice<sup>ab</sup>

Samspill		Egenskaper									
Trykk	L-tid	TMA	pH	Brix	L*	°Hue	Chroma	AF	Tot-AA	L-AA	DHAA
400	0	16,6 a	3,3 a	7,8 a	7,8 ab	26,0 a	26,3 a	0,9 ab	19,5 ab	12,2 ab	7,3 ab
400	14	15,5 ab	3,2 b	6,8 b	7,1 abcd	24,4 abc	24,3 ab	0,9 ab	2,5 d	3,7 ab	-1,3 b
400	35	12,6 cd	3,2 b	7,4 ab	6,2 cd	22,0 d	21,5 ab	0,9 ab	1,6 d	0,5 b	1,1 ab
400	49	11,6 d	3,2 b	7,6 ab	6,4 bcd	22,5 cd	20,5 ab	0,8 ab	*	*	*
500	0	16,8 a	3,3 a	7,6 a	7,4 abc	25,2 ab	26,3 a	0,9 a	24,7 a	12,9 a	11,8 a
500	14	15,9 a	3,2 b	7,5 ab	6,0 cd	22,4 cd	19,0 b	0,9 a	0,4 d	5,3 ab	-4,9 b
500	35	13,8 bc	3,2 b	7,6 ab	6,0 cd	22,3 cd	20,5 ab	0,8 ab	1,0 d	0,5 b	0,5 ab
500	49	11,2 de	3,2 b	7,5 ab	7,4 abc	24,1 abcd	21,2 ab	0,8 b	*	*	*
600	0	16,4 a	3,3 a	7,6 ab	8,0 a	26,3 a	26,2 a	0,9 ab	11,5 bc	12,4 ab	-0,9 ab
600	14	15,8 a	3,2 b	7,6 ab	6,4 bcd	22,9 bcd	22,9 ab	0,9 a	4,3 cd	4,5 ab	-0,2 ab
600	35	12,4 cd	3,2 b	7,4 ab	5,7 d	22,5 cd	21,3 ab	0,9 ab	1,1 d	0,5 b	0,6 ab
600	49	9,8 e	3,2 b	7,4 ab	5,8 d	22,1 d	20,7 ab	0,9 ab	*	*	*

<sup>a</sup> Resultatene er gjennomsnittsverdier av alle prøver ved en betingelse ( $n = 3 \times 4$ ). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test der verdiene i en kolonne med ulik bokstaver er forskjellige ( $p \leq 0,05$ )

Samspillet trykk\*lagringstid ga signifikante forskjeller ( $p \leq 0,05$ ) i totalt askorbinsyreinnhold, som var høyere i 500- enn 600-juice ved dag 0. Det var ikke forskjell i L-AA-innhold.

### **4.5. Sammenligning av mos og juice**

En av hensiktene med forsøkene var å finne om innholdsstoffenes stabilitet under prosessering og lagring er avhengig av produktmatriks, det vil si mos og juice. Videre følger hoved- og samspillseffekter for varme- og trykkbehandlet mos og juice med signifikans i tabell 4.34. Deretter følger tabeller med resultatene over de viktigste signifikante forskjellene. Tabell 4.35. viser alle hovedeffektene, det vil si materiale (mos, juice), behandling (VB: varmebehandlet og 400, 500 og 600 MPa: høytrykksbehandling) og lagringstid (L-tid: 0, 14, 35 og 49 dager). Tabell 4.36. viser trefaktorsamspill med materiale, behandling og lagringstid. Det henvises til vedlegg 13 for tofaktorsamspillene, da det ikke ga ny informasjon i forhold til det som vises i trefaktorsamspillet.

#### 4. Resultater

**Tabell 4.34.** Signifikansverdier for hoved- og samspillseffekter for varme- og høytrykksbehandlet mos og juice<sup>ab</sup>

Signifikans	Egenskaper									
	TMA	pH	Brix	L°	°Hue	Chroma	AF	Tot-AA	L-AA	DHAA
<b>Materiale</b>	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p = 0,161	p = 0,807	p < 0,001	p < 0,001
<b>Behandling</b>	p = 0,001	p < 0,001	p = 0,042	p < 0,001	p = 0,008	p < 0,001	p = 0,003	p = 0,001	p = 0,124	p = 0,060
<b>L-tid</b>	p < 0,001	p < 0,001	p = 0,371	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001
<b>Materiale*behandling</b>	p < 0,001	p < 0,001	p = 0,072	p < 0,001	p = 0,062	p = 0,142	p = 0,017	p < 0,001	p < 0,001	p = 0,180
<b>Materiale*L-tid</b>	p < 0,001	p < 0,001	p = 0,002	p = 0,140	p = 0,039	p = 0,048	p = 0,001	p < 0,001	p = 0,056	p < 0,001
<b>Behandling*L-tid</b>	p = 0,933	p < 0,001	p = 0,600	p = 0,003	p = 0,004	p = 0,167	p = 0,007	p < 0,001	p = 0,155	p < 0,001
<b>Materiale*behandling*L-tid</b>	p = 0,747	p = 0,003	p = 0,068	p = 0,171	p = 0,006	p = 0,784	p = 0,021	p < 0,001	p = 0,011	p < 0,001

<sup>a</sup> Signifikans av de ulike egenskapene er bestemt med General linear model ANOVA. <sup>b</sup> Materiale (mos, juice), behandling (VB, 400, 500 og 600 MPa), L-tid: lagringstid (0, 14, 35 og 49 dager).

**Tabell 4.35.** Hovedeffekter for varme- (VB) og høytrykksbehandlet (HP) jordbærmos og -juice<sup>ab</sup>

Hovedeffekt	Egenskaper									
	TMA	pH	Brix	L*	°Hue	Chroma	AF	Tot-AA	L-AA	DHAA
<b>Materiale</b>										
Mos	11,5 b	3,2 a	8,4 a	19,3 a	31,1 a	31,8 a	0,9 a	7,1 a	2,7 b	4,8 a
Juice	13,8 a	3,2 b	7,5 b	6,8 b	23,7 b	22,9 b	0,9 a	7,2 a	4,9 b	2,3 b
<b>Behandling</b>										
VB (85 °C, 2 min)	13,3 a	3,3 a	7,8 b	14,6 a	28,0 a	28,9 a	0,9 a	8,0 a	4,8 a	3,9 a
HP400	12,4 b	3,2 b	7,9 ab	12,8 b	26,9 b	27,0 b	0,9 ab	7,1 ab	3,0 a	4,0 a
HP500	12,7 ab	3,2 c	8,0 ab	12,5 b	27,4 ab	26,6 b	0,9 b	7,8 a	3,8 a	4,0 a
HP600	12,1 b	3,2 bc	8,1 a	12,4 b	27,5 ab	27,0 b	0,9 b	5,8 b	3,5 a	2,3 a
<b>L-tid (dager)</b>										
0	16,1 a	3,3 a	7,9 a	13,8 a	28,9 a	30,0 a	0,9 a	17,0 a	8,8 a	8,9 a
14	13,9 b	3,2 b	7,9 a	13,1 a	27,5 b	27,7 b	0,9 a	3,8 b	2,2 b	1,5 b
35	11,1 c	3,2 c	7,9 a	12,1 b	26,7 b	25,9 c	0,9 b	0,7 c	0,4 c	0,3 b
49	9,3 d	3,2 d	8,0 a	13,3 a	26,7 b	25,8 c	0,9 b	*	*	*

<sup>a</sup> Resultatene er gitt som gjennomsnittsverdier av alle prøver ved ulike behandlinger. <sup>b</sup> Basert på Tukeys test der verdiene i en kolonne med ulik bokstaver er forskjellige ( $p \leq 0,05$ )

p-verdiene i tabell 4.34. viser at ulikt materiale ga signifikante forskjeller på alle egenskaper med unntak av totalt askorbinsyreinnhold og AF-verdier. Ulik behandling ga forskjeller i alle egenskaper unntatt innholdet av L-AA, mens lagringstid hadde effekt på alle egenskaper unntatt °Brix. Alle samspillene hadde effekter. Det var signifikant effekt av materiale\*behandling i TMA, pH, L\*-verdi, AF-verdi, samt totalt askorbinsyre- og L-AA-innhold. Materiale\*lagringstid ga signifikante forskjeller i alle egenskaper unntatt L\*-verdi og L-AA-innhold.

Hovedeffektene i tabell 4.35. viser at juice hadde signifikant mer TMA, lavere °Brix, lavere L\*, °Hue og Chroma, samt lavere innhold av DHAA enn mos. 400 og 600 MPa ga lavere TMA-innhold enn varmebehandling. Trykkbehandling ga generelt lavere L\*- og Chroma-verdi enn varmebehandling. 500 og 600 MPa ga også lavere AF-verdi enn varmebehandling. Lagringen førte til signifikant tap av TMA og askorbinsyre, samt lavere pH, lavere L\*-, °Hue- og Chroma-verdi.

#### 4. Resultater

**Tabell 4.36.** Trefaktorsamspill (materiale\*behandling\*lagringstid) for varme- og høytrykksbehandlet jordbærmos og -juice<sup>abc</sup>

Samspill:			Egenskaper:									
Mat.	Beh.	L-tid	TMA	pH	Brix	L°	°Hue	Chroma	AF	Tot-AA	L-AA	DHAA
Mos	VB	0	17,8 a	3,4 a	8,2 abcdefg	21,6 abc	32,8 a	35,1 a	0,9 abc	17,0 bc	15,7 a	6,2 abcd
Juice	VB	0	15,5 abcd	3,3 ab	7,6 efgh	7,0 g	24,3 fgh	25,3 cdefg	0,9 a	16,5 bcd	8,1 abcd	8,4 abc
Mos	VB	14	15,0 abcd	3,3 ab	8,3 abcdef	22,0 ab	31,3 abc	35,1 a	1,0 a	10,6 ef	2,9 de	7,7 abc
Juice	VB	14	14,8 abcdef	3,3 d	7,4 gh	8,0 g	25,2 efgh	24,0 efgh	0,9 abcd	2,1 gh	0,9 de	1,2 cdef
Mos	VB	35	12,0 efghi	3,3 abc	7,9 bcdefg	20,6 abcd	31,5 ab	32,3 ab	0,9 abc	0,5 h	0,9 de	-0,4 def
Juice	VB	35	11,5 fghij	3,3 de	7,5 efgh	6,9 g	23,5 fgh	23,5 efgh	0,9 abc	1,0 gh	0,5 de	0,5 def
Mos	VB	49	9,8 hijk	3,3 def	8,3 abcdefg	22,7 a	30,4 abc	32,9 ab	0,9 ab	*	*	*
Juice	VB	49	10,1 hijk	3,3 d	7,5 fgh	7,8 g	24,7 efgh	22,8 fgh	0,8 abcd	*	*	*
Mos	HP400	0	15,7 abc	3,3 c	8,3 abcdefg	19,0 bcde	32,3 ab	33,1 ab	0,9 abcd	12,6 cde	3,3 bcde	9,3 ab
Juice	HP400	0	16,6 ab	3,3 bc	7,8 bcdefg	7,8 g	26,0 defg	26,3 cdef	0,9 abc	19,8 ab	10,7 abc	9,2 ab
Mos	HP400	14	11,6 fghij	3,2 defgh	8,7 ab	18,5 def	31,4 ab	32,1 ab	0,9 abc	5,7 fg	0,0 e	5,7 abcd
Juice	HP400	14	15,5 abcd	3,2 fghi	6,8 h	6,8 g	23,8 fgh	23,8 defgh	0,9 abc	2,5 gh	3,7 cde	-1,3 ef
Mos	HP400	35	8,4 jk	3,2 jkl	8,3 abcdefg	19,1 bcde	28,0 cde	28,9 bcde	0,9 abc	0,1 h	-0,0 e	0,1 def
Juice	HP400	35	12,6 cdefgh	3,2 ghi	7,4 ghf	6,2 g	22,0 h	21,5 fgh	0,9 abc	1,6 gh	0,5 de	1,1 cdef
Mos	HP400	49	7,3 k	3,1 lm	8,5 abcd	18,9 cde	29,2 bcd	29,6 bcd	0,9 abc	*	*	*
Juice	HP400	49	11,6 fghij	3,2 ghi	7,6 defgh	6,4 g	22,5 h	20,5 gh	0,8 abcd	*	*	*

#### 4. Resultater

Mos	HP500	0	15,5 abcd	3,3 c	8,1 abcdefg	19,7 bcd	31,9 ab	33,9 ab	0,9 abc	17,5 bc	5,0 bcde	12,5 a
Juice	HP500	0	16,8 ab	3,3 abc	7,6 cdefgh	7,4 g	25,2 efgh	26,3 cdef	0,9 ab	24,3 a	11,5 ab	12,8 a
Mos	HP500	14	11,8 efghi	3,2 efghi	8,4 abcde	18,1 def	31,8 ab	32,0 ab	0,9 abcd	3,1 gh	0,0 e	3,1 bcde
Juice	HP500	14	15,9 ab	3,2 ij	7,5 efgh	6,0 g	22,4 h	19,0 h	0,9 abc	1,1 gh	5,8 bcde	-4,7 f
Mos	HP500	35	9,0 ijk	3,2 kl	8,6 abc	16,5 ef	31,2 abc	29,9 abc	0,8 bcd	-0,0 gh	-0,0 e	-0,0 def
Juice	HP500	35	13,8 bcdefg	3,2 ijk	7,6 efgh	6,0 g	22,3 h	20,5 gh	0,9 abcd	1,0 gh	0,5 de	0,5 def
Mos	HP500	49	7,5 k	3,1 m	8,7 ab	18,8 cde	29,9 abc	29,7 bcd	0,9 abcd	*	*	*
Juice	HP500	49	11,2 ghij	3,2 ghi	7,5 efgh	7,4 g	24,1 fgh	21,2 fgh	0,8 cd	*	*	*
Mos	HP600	0	14,9 abcde	3,3 c	8,3 abcdefg	19,7 bcd	32,2 ab	33,7 ab	0,9 abc	17,4 bc	11,1 abc	12,6 a
Juice	HP600	0	16,4 ab	3,3 c	7,6 defgh	8,0 g	26,3 def	26,2 cdef	0,9 abc	11,0 def	4,7 bcde	-0,1 def
Mos	HP600	14	11,0 ghij	3,2 defg	8,7 ab	19,1 bcde	31,1 abc	32,5 ab	0,9 abc	0,7 h	0,0 e	0,7 def
Juice	HP600	14	15,8 abc	3,2 hij	7,6 defgh	6,4 g	22,9 gh	22,9 fgh	0,9 abc	4,3 gh	4,5 bcde	-0,2 def
Mos	HP600	35	9,0 ijk	3,2 ijk	8,6 ab	15,6 f	32,5 ab	28,8 bcde	0,7 d	0,0 h	0,0 e	0,0 def
Juice	HP600	35	12,4 defgh	3,2 ij	7,4 fgh	5,7 g	22,5 h	21,3 fgh	0,9 abcd	1,1 gh	0,5 de	0,6 def
Mos	HP600	49	7,2 k	3,1 m	8,9 a	18,9 cde	30,7 abc	30,0 abc	0,8 abcd	*	*	*
Juice	HP600	49	9,8 hijk	3,2 fghi	7,4 fgh	5,8 g	22,1 h	20,7 gh	0,9 abcd	*	*	*

<sup>a</sup> Resultatene er gitt som gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller ( $n = 3$ ). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test der verdiene i en kolonne med ulike bokstaver er forskjellige ( $p \leq 0,05$ ), <sup>c</sup> Mat.: materiale, Beh.: behandling: VB = 85 °C, 2 min, HP = høytrykk i MPa, L-tid: lagringstid i dager).



Trefaktorsamspillet i tabell 4.36. viser at behandling og lagringstid hadde ulik effekt avhengig av materiale. Det ble observert at lagringstiden hadde ulik effekt på TMA-innholdet i mos og juice, der tapet gikk raskere i mosen. Den prosentvise nedgangen var altså ulik. Ulik behandling ga ikke ulik effekt på mos og juice ved dag 0 med hensyn til TMA-tap.

Samspillseffekten mellom materiale, behandling og lagringstid viser også at trykkbehandlingen påvirker mos og juice ulikt. Ved dag 0 var det signifikant høyere totalt askorbinsyreinnhold i juice sammenlignet med mos behandlet ved 400 og 500 MPa, mens mos hadde høyere innhold ved 600 MPa. Ved dag 14 og 35 var det derimot ingen forskjell på noen av prøvene. Videre var det signifikant mer total askorbinsyre i varmebehandlet mos sammenlignet med juice ved dag 14, men ikke forskjell ved dag 0 og 35. Tapet var for øvrig signifikant i alle.

### **4.6. Korrelasjoner**

Korrelasjoner mellom jordbærmosens og -juicens egenskaper funnet i forsøkene ble kontrollert med Pearsons korrelasjonstest. Det gjøres oppmerksom på at korrelasjoner ikke nødvendigvis betyr direkte samspill. Tilsynelatende korrelasjoner kan være resultat av to egenskaper som varierer på samme måte uavhengig av hverandre.

#### **4.6.1. Korrelasjoner mellom jordbærmosens egenskaper**

Tabell 4.37. på neste side viser R- og p-verdier for alle egenskapene basert på gjennomsnittsverdier for kontrollmos ved dag 0, samt varme- og trykkbehandlet mos ved dag 0, 14, 35 og 49.

#### 4. Resultater

**Tabell 4.37.** Pearsons korrelasjoner<sup>a</sup> med p-verdi mellom utvalgte analyser og kvalitetsegenskaper i jordbærmos<sup>ab</sup>.

	PPO	TMA	pH	°Brix	L*	°Hue	Chroma	AF	Tot-AA	L-AA
<b>TMA</b>	-0,774									
	≤ 0,001									
<b>pH</b>	-0,878	0,941								
	≤ 0,001	≤ 0,001								
<b>°Brix</b>	0,298	-0,479	-0,501							
	0,117	0,009	0,006							
<b>L*</b>	-0,504	0,504	0,586	-0,291						
	0,005	0,005	0,001	0,126						
<b>°Hue</b>	-0,622	0,728	0,688	-0,214	0,001					
	≤ 0,001	≤ 0,001	≤ 0,001	0,266	0,995					
<b>Chroma</b>	-0,794	0,907	0,916	-0,349	0,734	0,599				
	≤ 0,001	≤ 0,001	≤ 0,001	0,064	≤ 0,001	0,001				
<b>AF</b>	-0,433	0,463	0,517	-0,248	0,899	-0,162	0,691			
	0,019	0,011	0,004	0,194	≤ 0,001	0,402	≤ 0,001			
<b>Tot-AA</b>	-0,504	0,916	0,802	-0,394	0,677	0,562	0,819	0,506		
	0,017	≤ 0,001	≤ 0,001	0,070	0,001	0,007	≤ 0,001	0,016		
<b>L-AA</b>	-0,398	0,682	0,624	-0,285	0,529	0,384	0,549	0,332	0,757	
	0,067	≤ 0,001	0,002	0,199	0,011	0,078	0,008	0,131	≤ 0,001	
<b>DHAA</b>	-0,428	0,827	0,696	-0,345	0,585	0,530	0,777	0,484	0,899	0,395
	0,047	≤ 0,001	≤ 0,001	0,116	0,004	0,011	≤ 0,001	0,023	≤ 0,001	0,069

<sup>a</sup> Korrelasjonskoeffisient: R, <sup>b</sup> Basert på gjennomsnittsverdier av tre paralleller (n = 3) for kontroll ved dag 0 og alle prosesseringsbetingelser ved dag 0, 14, 35 og 49.

p-verdiene viser at det var mange signifikante korrelasjoner når resultatene anses som signifikante ved  $p \leq 0,05$ . R-verdien for korrelasjonen mellom TMA og PPO viser at TMA-innholdet avtar, mens PPO-aktiviteten øker. Økt PPO-aktivitet gir også redusert L\*-, Hue-, Chroma- og AF-verdi. Det var også en sammenheng mellom pH og TMA, der økt pH gir økt TMA-innhold. Videre var det korrelasjon mellom TMA og askorbinsyre, der økt totalt askorbinsyreinnhold også ga økt TMA-innhold. Økt TMA gir også økt L\*-, Hue-, Chroma- og AF-verdi.

#### 4.6.2. Korrelasjoner mellom jordbærjuicens egenskaper

Tabell 4.38. viser R- og p-verdier for alle egenskapene basert på gjennomsnittsverdier for kontrolljuice ved dag 0, samt varme- og trykkbehandlet juice ved dag 0, 14, 35 og 49.

**Tabell 4.38.** Pearsons korrelasjoner<sup>a</sup> med p-verdi mellom utvalgte analyser og kvalitetsegenskaper i jordbærjuice<sup>ab</sup>

	TMA	pH	°Brix	L*	°Hue	Chroma	AF	Tot-AA	L-AA
<b>pH</b>	0,456								
	0,038								
<b>°Brix</b>	0,214	0,143							
	0,351	0,537							
<b>L*</b>	0,218	0,780	-0,170						
	0,343	$\leq 0,001$	0,461						
<b>°Hue</b>	0,356	0,839	-0,086	0,951					
	0,113	$\leq 0,001$	0,711	$\leq 0,001$					
<b>Chroma</b>	0,616	0,915	-0,038	0,805	0,853				
	0,003	$\leq 0,001$	0,869	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$				
<b>AF</b>	0,626	0,482	0,049	0,118	0,129	0,626			
	0,002	0,027	0,832	0,611	0,578	0,002			
<b>Tot-AA</b>	0,562	0,890	0,279	0,665	0,752	0,809	0,335		
	0,024	$\leq 0,001$	0,296	0,005	0,001	$\leq 0,001$	0,205		
<b>L-AA</b>	0,764	0,716	0,228	0,562	0,654	0,746	0,396	0,848	
	0,001	0,002	0,396	0,024	0,006	0,001	0,129	$\leq 0,001$	
<b>DHAA</b>	0,271	0,832	0,258	0,600	0,663	0,679	0,211	0,901	0,535
	0,310	$\leq 0,001$	0,335	0,014	0,005	0,004	0,433	$\leq 0,001$	0,033

<sup>a</sup> Korrelasjonskoeffisient, R., <sup>b</sup> Basert på gjennomsnittsverdier av tre paralleller (n = 3) for kontroll ved dag 0 og alle prosesseringsbetingelser ved dag 0, 14, 35 og 49.

For juice var det også flere korrelasjoner mellom de ulike egenskapene når de anses som signifikante ved  $p < 0,05$ . Økt pH korrelerte med økt TMA-innhold. Høyere TMA-innhold ga også høyere innhold av total askorbinsyre og L-AA, i tillegg til økte

Chroma- og AF-verdier. Økt pH ga videre økt L\*-, Hue-, Chroma- og AF-verdi, samt økt innhold av askorbinsyre.

## 5. DISKUSJON

I følgende kapittel vurderes forskjeller og likheter mellom de ulike prosessbetingelsene og jordbærproduktene.

### 5.1. Mikrobiologisk vekst

Når det gjelder totalt kimtall var det få tellbare tall. Valgte prosessbetingelser utgjør liten risiko med hensyn til ukontrollert bakterievekst og patogene bakterier i jordbærmos og –juice på grunn av lav pH (Gössinger et al., 2009a, Skrede et al., 2012). For øvrig var det mindre vekst i varmebehandlet mos og juice enn trykkbehandlede prøver. I tillegg ga ikke trykkbehandlingen av juice redusert vekst i forhold til kontroll, noe som var uventet, til tross for at trykket ikke virker like effektivt som høy temperatur. Dette bekrefter det faktum at varmebehandling er en mer intensiv behandling enn høytrykksbehandling (Fellows, 2008). Generelt steg bakterieveksten noe under lagring i alle prøver, som ikke er uventet, da noen bakterier selv ved lav temperatur evner å formere seg.

Generelt var det også lite påvisning av mugg og gjær, som er de største mikrobiologiske utfordringene i jordbær (Perrier-Cornet and Hayert, 1999, Madigan et al., 2009). At det var noe muggvekst i kontrollprøvene, samt gjærvekst i kontrolljuicen, kan enkelt forklares med at prøvene ikke var konservert med verken høy temperatur eller høyt trykk. Det var derimot ikke forventet mugg- og gjærvekst i varmebehandlet mos etter kun 14 dager, da behandlingen tilsvarer kommersiell konservering av bærprodukter som har rundt 35 dagers holdbarhet. Det kan derfor stilles spørsmål om varmebehandlingen faktisk var så kraftig som antatt. For juicen var varmebehandlingen derimot tilstrekkelig for å hindre vekst av mugg og gjær ved alle lagringstider. Varmebehandlingen var trolig mer effektiv i juice, da juice har tynnere konsistens (Fellows, 2008).

400 MPa var den minst slagkraftige behandlingen når det gjaldt mugg og gjær. Etter 35 dagers lagring var bærmos behandlet med 400 MPa i 1,5 og 3 minutter blåst og det luktet gjær da posene ble åpnet. De mikrobiologiske analysene bekreftet gjærvekst i disse prøvene, både ved dag 0, 14, 35 og 49 for prøvene behandlet i 1,5 minutt og ved dag 49 for prøvene behandlet i 3 minutter. 400 MPa var derfor ikke tilstrekkelig for å

inaktivere gjærsopp. Ved dag 14 ble det også påvist mugg i mos behandlet ved 400 MPa i 1,5 minutt. Dette bekrefter også teorien om at høyere trykk gir bedre inaktivering av vegetative celler (Fellows, 2008, Smelt, 1998). Generelt skal trykk over 400 MPa være tilstrekkelig for å drepe vegetative bakterier, mugg og gjær (Terefe et al., 2010). I en tidligere studie på jordbær ble gjærarten *Saccharomyces cerevisiae*, som ofte ødelegger fruktjuicer, inaktivert ved 300 MPa 1,5 minutter ved 21 °C (Chauvin et al., 2005). Det er uklart hvilke gjærarter som vokste i jordbærmosen og om *S. cerevisiae* var en av disse. Det kreves bekreftende studier for å konkludere, men trolig bør høyere trykk enn 400 MPa velges for å sikre et mikrobiologisk trygt produkt. Alternativt kan lengre holdetider testes. Muggvekst i all trykkbehandlet juice og 400-3-, 500-3- og 600-3-mos etter 49 dager kan tyde på at 49 dagers holdbarhet ikke er gunstig.

Når det gjelder juice, var det lite systematisk vekst av mugg og gjær, hvilket gjør det vanskelig å trekke konklusjoner, utover at det generelt var lite eller ingen vekst i alle prøvene ved alle lagringstider, med unntak av dag 49.

### 5.2. pH og °Brix

Ved dag 0 lå pH i bærmos og -juice rundt 3,0-3,4, hvilket ligger nært pH-verdier på 2,9-3,1 rapportert i tidligere studier (Skrede et al., 2012, Gössinger et al., 2009a).

Som vist, sank pH under lagringen og det var signifikante forskjeller mellom mos ved dag 0 og 14, samt mellom dag 14 og 35. For juice var det forskjell mellom dag 0 og 14. En årsak kan trolig være at det under lagringen frigjøres syrer som bidrar til å senke pH (pers.med. Kjersti Aaby, Nofima, 2013). Syrene kan for eksempel frigjøres på grunn av nedbrytende forbindelser og proteolyse. Det var også signifikant høyere pH i varmebehandlet mos enn kontroll og trykkbehandlede prøver. Årsaken til dette er uklar, men kan skyldes at høy temperatur bryter ned flere nedbrytende forbindelser og enzymer enn høyt trykk, da høyt trykk i teorien er mer skånsomt enn høy temperatur (Fellows, 2008).

Ser man pH i sammenheng med TMA-innholdet og fargemålingene, fant man ingen direkte sammenheng i dette forsøket. TMA er i henhold til litteraturen mer stabil og

bærenes farge rødere desto lavere pH-verdiene er (Holcroft and Kader, 1999). Etersom både pH og TMA-konsentrasjonen sank under lagringen, ble ikke dette observert i dette forsøket. Pearsons korrelasjonstest bekreftet at TMA-innholdet og de ulike fargeverdiene synker med synkende pH. I dette forsøket betyr altså denne korrelasjonen kun at disse egenskapene oppførte seg likt, uten sammenheng for øvrig. Sannsynligvis var pH-forskjellene og endringene så små at det ikke gjorde noe utslag på TMA-stabiliteten eller fargen. Videre har dette trolig hatt større betydning dersom det var større forskjeller i utgangspunktet. I dette forsøket ble samme prøvemateriale brukt, hvilket gir små forskjeller. I følge Wrolstad et al. (1970) er jordbæras farge dessuten akseptabel etter frysing i 9 måneder, dersom pH er under 3,51, som her.

Når det gjelder °Brix-verdiene, det vil si konsentrasjonen av løselig stoff som sukker, syrer og salter, var disse relativt stabile under lagringen. Det var heller ikke ventet store endringer i her. For øvrig lå °Brix i mos rundt 8,0-8,3 i mos og 7,4-7,9 i juice, der tidligere studier har oppgitt 8,7-8,9 som normalt i jordbær (Skrede et al., 2012, Gössinger et al., 2009a).

### 5.3. PPO-aktivitet

Polyfenoloksidaser (PPO) er enzymer som katalyserer oksidasjon av fenoler til kinoner, som så autooksideres til brune pigmenter. Reaksjonen er en av hovedårsakene til at jordbær mister sin friske rødfarge under behandling, prosessering og lagring. Det er derfor ønskelig å inaktivere PPO-enzymene (Whitaker and Lee, 1995, Ding et al., 1998).

Det var ingen PPO-aktivitet i juice. Enzymene er trolig igjen i bærrestene som ble utelatt fra juicen, da det heller ikke var noe aktivitet i kontrolljuicen. Ut fra dette kan man anta at juice er bedre egnet til trykkbehandling enn jordbærmos, ettersom PPO er knyttet til kvalitetstap. Som resultatene viste og påfølgende kapitler diskuterer, var for øvrig flere faktorer enn PPO av betydning for kvaliteten.

I teorien skal varmebehandling deaktivere enzymer og således gi lavere enzymaktivitet (Proctor, 2010). I dette forsøket var aktiviteten lavere i varmebehandlet mos enn kontroll ved dag 0, men forskjellen var ikke signifikant. Den termiske

behandlingen var altså ikke kraftig nok til å gi betydelig nedgang i aktiviteten. Også høytrykksbehandling har en inaktiverende effekt på enzymene, men i mindre og mer varierende grad enn høy temperatur. Varmebehandling ga 25 % inaktivering, 400-1,5 4 %, 400-3 ga 11 %, 500-1,5 16 %, 500-3 ga 12 %, 600-1,5 ga 17 % og 600-3 ga 30 % inaktivering. Den kraftigste trykkbehandlingen ga altså større inaktivering enn varmebehandling i dette forsøket. Sett trykkbehandlet mos isolert, avtok altså enzymaktiviteten med økende trykk. Det var altså signifikant lavere aktivitet i prøver behandlet ved 600 MPa i 3 minutter enn prøver prosessert ved 400 MPa i 1,5 minutt ved dag 0. I tillegg ga 3 minutters behandling signifikant lavere aktivitet enn 1,5 minutt.

Ved valg av trykkbetingelse bør man, ut fra dette, velge 600 MPa. Dette bekrefter flere av de tidligere omtalte studiene, som også observerte at kraftigere betingelser ga lavere PPO-aktivitet (Garcia-Palazon et al., 2004, Terefe et al., 2010, Terefe et al., 2009). Tidligere studier har for øvrig ikke vist entydige resultater med hensyn til trykk- og varmebehandling. I en studie var 30 % av PPO-enzymene inaktivert etter 30 minutter ved 90 °C, mens 690 MPa ga 23 % inaktivering (Terefe et al., 2010). I et annet forsøk var derimot PPO 100 % inaktivert etter varmebehandling (70 °C, 2 min), mens trykkbehandling (600 MPa, 25 min) ga ca. 50 % inaktivering (Cao et al., 2011). Selv om det ved dag 0 ikke var signifikant forskjell mellom noen prøver, ble teorien om at høy temperatur gir mindre PPO-aktivitet bekreftet, da det ved dag 35 og 49 var signifikant lavere PPO-aktivitet i varmebehandlede prøver enn i alle trykkbehandlede prøver. Ved dag 49 hadde PPO-aktiviteten i varmebehandlet mos avtatt med 14,7 % sammenlignet med dag 0. Aktiviteten i trykkbehandlet mos hadde derimot økt med 43-53 %, der 600-3 ga størst økning.

Enzymaktiviteten økte altså i trykkbehandlet bærmos under lagringen og overgikk aktivitetsnivået i kontrollprøvene. Det var også signifikante forskjeller mellom trykkbehandlet mos ved dag 0 og 49 ved alle betingelser. I varmebehandlet mos var det derimot ikke signifikante endringer under lagring. Tidligere studier har vist at trykkbehandling både kan inaktivere, aktivere og stabilisere enzymaktiviteten (Cano et al., 1997, Terefe et al., 2009). I dette tilfellet ble altså ikke en slik aktivering observert ved dag 0, men under lagringen. Årsaken til denne aktiveringen i trykkbehandlede mos kan være at inaktiveringen var i det reversible området og dermed ble reaktivert under lagring (Terefe et al., 2010). Den økte aktiviteten er også i tråd med



hypotesen om at latente enzymer kan aktiveres under lagring på grunn struktur-  
endringer som følge av proteolyse eller denaturerende forbindelser (Lei et al., 2004).  
At en slik aktivering ikke fant sted i varmebehandlet mos, kan skyldes at  
inaktivering var i det irreversible området og at det ikke fant sted noen proteolyse  
eller lignende som aktiverte eventuelle latente enzymer. Den store forskjellen i PPO-  
aktiviteten mellom varmebehandlet og trykkbehandlet mos ved dag 35 bekreftet at  
enzymer er en av de store utfordringene knyttet til høytrykksbehandling av produkter  
som jordbærmos. Kapittel 5.9 tar opp mulige løsninger som kan minimere problemet.

### 5.4. TMA-innhold

Anthocyaniner er pigmenter som gir jordbæra deres røde farge (Pourcel et al., 2007).  
Pigmentene er utsatt for oksidasjon og nedbryting under prosessering og lagring, med  
påfølgende fargetap (Cao et al., 2011). Særlig PPO-enzymene, som ble diskutert i  
kapittel 5.3., er knyttet til nedbryting av totale monomere anthocyaniner (TMA) i  
jordbær. Tidligere studier har vist en tendens til at høyt trykk bevarer TMA bedre enn  
varme, men at tapet under lagring blir større (Zabetakis et al., 2000a, Gimenez et al.,  
2001, Oey et al., 2008a, Kouniaki et al., 2004).

Ved dag 0 hadde jordbærmos et TMA-innhold på 12,4-17,9 mg cyanidin-3-glukosid-  
ekvivalenter (CGE)/100 g, mens juice hadde 15,5-17,7 mg CGE/100 g. Dette er lavere  
enn tidligere rapportert mengde (27 mg/100 g) i ferske Senga Sengana-bær (Aaby et  
al., 2012), hvilket trolig skyldes at mosing og pressing gir tap av TMA (Gimenez et  
al., 2001).

I mosen ga varmebehandlingen signifikant høyere TMA-innhold enn ubehandlet  
kontroll. Høytrykksbehandling ga også, for både mos og juice, høyere innhold enn  
kontrollen, men forskjellene var ikke signifikante. Den tilsynelatende økningen i  
TMA-konsentrasjonen under prosessering skyldes trolig strukturendringer i jordbær-  
mosen (Giusti and Wrolstad, 2001, Cao et al., 2011). Strukturendringene som oppstår  
under prosessering fører til at anthocyaninene lettere blir frigjort fra bærmosen etter  
varmebehandling. I mos ble TMA bestemt i bærsafta skilt fra fast stoff ved  
sentrifugering. Når da strukturen ble "løsere" som følge av prosesseringen, ble mer  
anthocyaniner frigitt og ble med denne safta. I kontrollen er da relativt mer igjen i

pressrestene etter sentrifugering, ettersom kontroll var ubehandlet og hadde ”fastere” struktur. Årsaken til at dette ikke ble observert i varmebehandlet juice, kan være at TMA ble målt direkte i juicen og man unngikk på den måten et mekanisk tap under prøveopparbeidelsen.

Ved dag 14 hadde varmebehandlet mos signifikant høyere TMA-innhold enn trykkbehandlet mos, med noen unntak. Dette kan skyldes at varmebehandling ga mer av de nevnte strukturendringene, og da en større økning av TMA-innholdet enn trykkbehandlingen, som fortsatt var gjeldende etter 14 dagers lagring. Dette samsvarer med prinsippet om at høytrykk er en mer skånsom behandling, til tross for at trykket påvirker vakuolene og øker permeabiliteten av blant annet anthocyaniner (Cao et al., 2011). Det kan også skyldes at tapet rett og slett var større i trykkbehandlet mos.

Først ved dag 35 var det signifikant lavere TMA-konsentrasjon i varmebehandlet mos og juice sammenlignet med dag 0. For trykkbehandlet mos var det signifikant mindre TMA allerede ved dag 14. Sannsynlig årsak til at TMA-tapet gikk raskere i trykkbehandlet mos er større restaktivitet av enzymer (Cao et al., 2011). Dette ble bekreftet av Pearsons korrelasjonstest, som fant en signifikant sammenheng mellom økt PPO-aktivitet og nedgang i TMA-innholdet i mos. Her var det forskjell på mos og juice, da det for juice først ved dag 35 var signifikante forskjeller mellom både varme- og trykkbehandlet juice sammenlignet med dag 0. Ved dag 14 var 84 % av TMA-innholdet bevart i varmebehandlet mos, mens i trykkbehandlet mos var 66-78 % av TMA-innholdet bevart sammenlignet med dag 0. 500 MPa i 1,5 minutt ga størst tap på 34 %. For sammenligning var 96 % av TMA bevart i varmebehandlet juice, mens 93-98 % var bevart i trykkbehandlet juice ved dag 14. Årsaken til at det ikke var signifikante forskjeller i nedbrytningshastigheten i juiceprøvene, kan være at det ikke var noe PPO-aktivitet i juicen overhodet. Grunnen til at TMA-innholdet likevel avtok, er trolig ikke-enzymatisk nedbryting av pigmentene, eller av andre enzymer (Cheynier et al., 1994). Det bør også nevnes at det i juice var høyere TMA-innhold i trykkbehandlede prøver enn varmebehandlet juice ved dag 0, men ikke signifikante forskjeller. Tendensen stemmer bedre overens med teorien, som tilsier at trykkbehandling gir bedre bevaring av matens innholdsstoffer enn konvensjonell varmebehandling (Fellows, 2008).

Ved dag 49 var det for øvrig ikke signifikante forskjeller mellom varme- og trykk-behandlede prøver, verken for mos eller juice. Selv om varmebehandlingen ga lavere enzymaktivitet, avtok altså TMA-innholdet betraktelig. Det er altså flere faktorer enn PPO-aktiviteten som spiller inn, som ikke-enzymatisk oksidasjon eller andre enzymer, som POD (Cao et al., 2011, Cheynier et al., 1994).

Når det gjelder høytrykksbehandlingen isolert sett var det ingen forskjeller i TMA-innholdet mellom trykkbetingelsene i mos eller juice. Ut fra disse resultatene ser man at hovedutfordringen ikke er knyttet til tap under selve prosesseringen, men til nedbryting under lagringen. Dette bekrefter tidligere omtalte studier, der 200-800 MPa ikke ga forskjell, men at tapet var stort under lagring i alle prøver (Zabetakis et al., 2000b, Gimenez et al., 2001, Oey et al., 2008b, Kouniaki et al., 2004). Det er heller ikke tilstrekkelig å inaktivere PPO-enzymene for å hindre denne nedbrytingen.

Ved sammenligning av matriks, ga samspillet mellom materiale, behandling og lagringstid noen signifikante forskjeller mellom trykkbehandlet mos og juice. Dette bekreftet at tapet av anthocyaniner gikk raskere i mos, trolig på grunn av PPO-enzymene som hadde høy aktivitet i mos og tilnærmet ingen aktivitet i juice. At det ved dag 0 ikke var forskjell mellom trykkbehandlet mos og -juice var også forventet, da trykket har samme virkning uavhengig av matriks og dermed ikke skal gi forskjell i innholdsstoffer selv om juicen har tynnere konsistens (Fellows, 2008). Det var heller ikke signifikante forskjeller mellom varmebehandlet mos og juice. Det er kjent at varmeoverføring er avhengig av matriks. Man kunne derfor ventet at tapet skulle vært større i juice, som er tynnere enn mosen, men på grunn av kort tid, lite volum og ikke store strukturforskjeller, ble det ikke forskjeller.

I en studie fant man at frysede jordbær burde ha et anthocyanininnhold på ca. 450-700 µg/gram for å ha tilstrekkelig farge (Wrolstad et al., 1970). I dette forsøket hadde alle prøvene under 700 µg CGE/gram ved alle lagringstider (15 mg CGE/100 g = 150 µg/g). Dette er likevel ikke ensbetydende med at fargekvaliteten ikke er tilstrekkelig for industri og forbruker, da det er forskjell på hele bær og mos og juice.

### 5.5. Askorbinsyreinnhold

C-vitamin, eller askorbinsyre, er et viktig næringsstoff med mange positive egenskaper for helsa. Askorbinsyra er utsatt for oksidasjon og brytes raskt ned under prosessering og lagring (Lado and Yousef, 2002). Ut fra et ernæringsperspektiv er det ønskelig å redusere dette tapet, men selv om askorbinsyre har antioksidativ virkning, har studier vist at den i jordbær kan eskalere nedbrytingen av TMA og gi uønsket fargetap (Kouniaki et al., 2004).

Jordbærprøvene ble analysert for total askorbinsyre. I tillegg ble det sett på innholdet av dehydroaskorbinsyre (DHAA) og L-askorbinsyre (L-AA) for å kunne vurdere hvor langt nedbrytingen hadde gått ved ulike lagringstider. Juice inneholdt 10,3-24,3 mg total askorbinsyre per 100 g prøve, mens mos inneholdt 12,4-17,4 mg per 100 g prøve ved dag 0. Dette er betydelig mindre enn generelt innhold i ferske jordbær på 60 mg/100 g som er oppgitt i litteraturen (Davey et al., 2000, Agar et al., 1997). Forskjellen er likevel ikke uventet, da askorbinsyren lett oksiderer ved behandlingen den ble utsatt for i dette forsøket (Davey et al., 2000).

Med unntak av 500-1,5-mos (mindre) og 500-3-juice (mer), var det ikke signifikant forskjell i det totale askorbinsyreinnholdet i høytrykksbehandlede og varmebehandlede jordbærprodukter ved dag 0. Videre hadde kun 500-1,5-mos og 500-1,5- og 600-3- juice signifikant tap i forhold til kontrollene. Tidligere omtalt litteratur tilsier at høytrykksbehandling ved lav temperatur skal bevare innholdsstoffer som askorbinsyre bedre enn termisk behandling (Fellows, 2008, Patras et al., 2009). Det var derfor ventet at varmebehandlingen skulle gi større tap av askorbinsyre enn det som ble observert. Det er uklart hvorfor dette ikke var tilfelle, men i disse jordbærproduktene var tydeligvis askorbinsyren relativt stabil overfor høy temperatur. Funnene bekrefter, til en viss grad, en studie der varme- og trykkbehandling av jordbærcoulis ikke ga signifikante endringer sammenlignet med kontrollprøve (Sancho et al., 1999). I en annen studie ga derimot høytrykksbehandling mindre tap enn varmebehandling (Patras et al., 2009). Resultatene er derfor ikke entydige. Ved valg av trykkbetingelse for best bevaring av C-vitamin under prosessering indikerer L-AA-innholdet i mos at valg av trykk ikke er av stor betydning. Ved å se på lagringen var det heller ingen forskjell.

Tapet av askorbinsyre under lagring i både mos og juice var tydelig og forventet (Oey et al., 2008b). Ved dag 14 var det svært lite og ved dag 35 tilnærmet ”tomt” for C-vitamin i alle prøvene. Dette skyldes at askorbinsyre er et ustabilisert innholdsstoff som raskt oksideres som følge av blant annet lys, temperatur og oksygen (Davey et al., 2000). Det høye innholdet av DHAA viste også at askorbinsyren var på vei til å bli brutt ned. Ved dag 0 skilte varmebehandlet mos seg fra de andre prøvene med signifikant lavere DHAA-innhold, mens den hadde mer DHAA ved dag 14. Dette kan skyldes at askorbinsyren brytes ned tregere i mos som har gjennomgått varmebehandling i forhold til trykkbehandling. Videre var det ved dag 14 tydelig mer total askorbinsyre i varmebehandlet mos enn trykkbehandlet, mens det ved dag 35 var liten forskjell. Dette indikerer også at innholdsstoffer som askorbinsyre brytes raskere ned i trykkbehandlet jordbærmos. Trolig skyldes dette større restaktivitet av enzymer, for eksempel POD, og andre nedbrytende forbindelser, som evner å fremme oksidasjon av askorbinsyren (Robinson, 1991). Pearsons korrelasjonstest viste også at det totale askorbinsyreinnholdet avtok med økende PPO-aktivitet i mos. I juice var det ikke forskjell mellom varme- og trykk-behandlede prøver verken ved dag 14 eller 35, som kan komme av at det ikke var PPO-aktivitet i noen av prøvene.

Ved å se på trykkbehandlede prøver isolert ga altså ikke ulikt trykk signifikante forskjeller mellom prøvene verken i juice eller mos. Ved å se på samspillet mellom trykk og lagringstid var det derimot signifikant høyere totalt askorbinsyreinnhold i 500-juice i sammenlignet med 600-juice ved dag 0, men ikke forskjell i L-AA. 500-juice hadde også ikke-signifikant høyere DHAA-innhold enn 600-juice. Dette kan indikere at tapet gikk raskere i 600-juice enn 500-juice. Høyere trykk kan derfor være en faktor som gir større tap (Davey et al., 2000). I mos ble det ikke funnet en slik forskjell ved dag 0, men ved dag 14 hadde 400- og 500-mos høyere total askorbinsyre- og DHAA-innhold enn 600-mos. Det var derimot ingen forskjeller i L-AA. Dette indikerer også at askorbinsyretapet er større desto høyere trykket er. For øvrig ga 600 MPa mindre tap enn 400 MPa i en tidligere omtalt studie (Patras et al., 2009). Uansett er hovedfunnet at L-AA tapes raskt i alle prøver og at trykkbetingelse er av minimal betydning.

Videre ble det funnet at behandling og lagringstid hadde ulik effekt avhengig av materiale. Samspillseffekten mellom materiale, behandling og lagringstid tyder på at trykkbehandlingen påvirker mos og juice ulikt. Funnet samsvarer ikke med kjent litteratur som tilsier at trykket skal virke uniformt og umiddelbart på hele produktet uavhengig av størrelse og matriks (Fellows, 2008). Forskjellene kan for øvrig også skyldes ulik opparbeidelse av juice og mos før prosessering. Derimot samsvarte det med teorien om at det var lavere C-vitamininnhold i varmebehandlet juice enn mos ved dag 0, da effekten av varmebehandlingen er mer avhengig av matriks (Fellows, 2008). Uavhengig av dette var tapet under lagring stort i både mos og juice. Det ble ikke funnet andre studier som sammenligner jordbærmos- og juice fra samme materiale. Studiene som er omtalt i kapittel 2.2.6. omhandler masse, puré og coulis. Det bør derfor gjøres flere forsøk på dette, for å kontrollere om disse resultatene er representative.

Hvorvidt det var en sammenheng mellom innholdet av askorbinsyre og tapet av anthocyaniner, som tidligere studier har indikert (Chinoy, 1984, Kouniaki et al., 2004), er en komplisert problemstilling. TMA-tapet var størst fra dag 0 til 14, da askorbinsyreinnholdet var høyest. Deretter fortsatte tapet av TMA, men i mindre grad. Dette kan ha hatt en sammenheng med at det var svært lite askorbinsyre igjen i prøvene ved dag 14 og 35, men kan også skyldes andre faktorer. Pearsons korrelasjonstest viste at det var en signifikant sammenheng mellom TMA og askorbinsyre, der innholdet av TMA øker med økende askorbinsyreinnhold. Det vil si at de varierer på samme måte, altså at de her synker under lagring. For å finne ut om askorbinsyren faktisk fremmer oksidasjon av anthocyaninene må man gjøre grundigere og mer detaljerte studier på dette. Dersom det er tilfelle, er det fordelaktig at askorbinsyren tapes raskt med hensyn til fargen, til tross for at det går ut over næringsinnholdet.

### 5.6. Farge

Det ble tatt bilder av jordbærmos og –juice med DigiEye ved alle lagringstider, med unntak av dag 14 for juice. I tillegg ble farge målt instrumentelt med HunterLab og resultater gitt i L\*-, °Hue-, Chroma- og AF-verdier. Generelt var alle fargeverdiene lavere i jordbærjuice enn mos. Dette skyldes at mye bærkjøtt fjernes ved pressing av

juice. Juicen får dermed en annen struktur som påvirker lysrefleksjonen, som igjen påvirker fargen (MacDougall, 2002). Mos og juice vurderes derfor hver for seg.

Det var generelt få signifikante endringer i fargeverdier i jordbærproduktene under prosessering og lagring. L\* måler et produkts lyshet og øker desto lysere farge. L\* har tidligere vist seg å avta under varmebehandling, som samsvarer med at den termiske behandlingen bryter ned pigmenter som anthocyaniner (Cao et al., 2011). Dette ble ikke observert her, da varmebehandling ga ikke-signifikant økning i L\*. Pearsons korrelasjonstest viste også at det ikke var noen signifikant sammenheng mellom L\* og TMA-innholdet i juice. I mos var korrelasjonen derimot signifikant. Sammenhengen var ikke sterk, men viste at L\* og TMA varierer på samme måte, som kan bekrefte at nedgang i TMA gir nedgang i L\*.

Videre ga 400 MPa i en tidligere omtalt studie nedgang i L\*, mens det ikke ble registrert endringer ved 500 og 600 MPa (Cao et al., 2011). I undertegnede forsøk var det derimot signifikant reduksjon i L\* under lagring i flere trykkbehandlede prøver ved både 400, 500 og 600 MPa. Nedgang i L\* indikerer at det har skjedd bruningsreaksjoner. Dette stemmer overens med tapet av TMA under lagringen, da anthocyaniner og andre forbindelser utsettes for både enzymatisk og ikke-enzymatisk oksidasjon (Cao et al., 2011, Cheynier et al., 1994). En slik nedgang i L\* ble derimot ikke observert i varmebehandlede prøver under lagring, til tross for at tapet av TMA var signifikant også i disse prøvene. Ved dag 49 var det også signifikant høyere L\* i varmebehandlet enn høytrykksbehandlet mos og juice, men ikke forskjell i TMA-innholdet. Det er uklart hvorfor det ikke er en sammenheng her, men trolig spiller flere faktorer enn anthocyanininnholdet inn, som strukturforstyrrelser. Det er også uklart hvorfor det i mos var forskjeller mellom trykkbehandlede prøver ved dag 35, mens de var like ved dag 49. At L\* avtok i mindre grad i juice enn mos samsvarer med mindre TMA-tap i juice, som igjen samsvarer med mindre PPO-aktivitet.

L\* endret seg altså mer i trykkbehandlede jordbærprøver enn varmebehandlede under lagring. Det ble også sett forskjell mellom varmebehandlet og trykkbehandlet mos på bildene fra DigiEye. Ved dag 14, 35 og 49 var varmebehandlet mos lysere enn samtlige trykkbehandlede mosprøver. Ved dag 0 var det ingen tydelige forskjeller. L\*-verdiene og bildene bekreftet altså at høytrykksbehandling gir større

fargeendringer enn varmebehandling under lagring (Fellows, 2008). Bildene viste ingen store fargeforskjeller mellom trykkbetingelsene, hvilket samsvarer med få signifikante forskjeller i  $L^*$  mellom prøvene. Videre var varmebehandlet juice også noe lysere enn trykkbehandlet juice ved dag 49, men forskjellene var ikke like stor som for mos. Dette kan ses i sammenheng med at  $L^*$  avtok mindre i juice enn mos. At 500-3 muligens var litt lysere enn 400-3-, 500-1,5- og 600-3-juice, samsvarer videre med at 500-3 hadde ikke-signifikant høyere  $L^*$ -verdi enn disse.

Det var lite forskjell i  $^{\circ}\text{Hue}$  (fargetone) i kontroll og prosessert mos ved dag 0. I juice avtok  $^{\circ}\text{Hue}$  noe under prosessering og lagring. Også  $^{\circ}\text{Hue}$  har vist seg å øke under varmebehandling, men i dette tilfellet var altså fargetonen relativt lik i alle prøvene (Cao et al., 2011).  $^{\circ}\text{Hue}$ -verdiene varierte for øvrig fra ca. 20 til i overkant av 30 $^{\circ}$ , som samsvarer med litteraturen, der ferske bær i en studie hadde  $^{\circ}\text{Hue}$  i underkant av 20 (Terefe et al., 2009, Gössinger et al., 2009a).

Chroma-verdiene (fargemetning) varierte fra omtrent 29 til 35 i jordbærmos og fra ca. 19 til 27 i juice. Også disse verdiene samsvarer med tidligere studier, der ubehandlede bær hadde Chroma rundt 24-28 (Gössinger et al., 2009a, Terefe et al., 2009). Chroma var stabil under prosessering, men avtok noe under lagring. Også Chroma har i studier vist seg å øke under varmebehandling (Cao et al., 2011), men heller ikke dette ble observert her. Nedgang i Chroma betyr lavere fargeintensitet. Instrumentelt fikk da flere av de trykkbehandlede prøvene lavere fargeintensitet under lagring, mens fargeintensiteten ikke endret seg i varmebehandlet produkt. Dette bekrefter igjen at trykkbehandling gjør jordbær mer utsatt for nedbryting av fargestoffer under lagring (Cao et al., 2011).

Det var få forskjeller i Acceptance factor (AF), som er forholdet mellom  $a^*$  og  $^{\circ}\text{Hue}$ . Der det var forskjeller, var det trykkbehandlede prøver som hadde lavere AF enn varmebehandlet prøve eller samme prøver ved tidligere lagringstider. Dette kan indikere at disse prøvene vil komme dårligere ut av en sensorisk bedømming. Kapittel 5.7. ser på slike eventuelle sammenhenger. Det var en tendens til at AF avtar under lagring. I henhold til en tidligere omtalt studie, er det forventet at AF reduseres under lagring, som følge av TMA-tapet (Gössinger et al., 2009a). Pearsons korrelasjonstest viste at det var signifikant sammenheng mellom AF-verdien og TMA-innholdet både i



juice og mos. R-verdien på ca. 0,4 var ikke veldig tydelig, men indikerer at AF øker når TMA-innholdet øker og omvendt, altså som forventet. For øvrig lå AF-verdiene rundt 0,8-0,9, som samsvarer med tidligere forsøk på jordbærpuré og er over verdien på 0,7, som ble satt som grense for hva som var akseptabelt av forbruker for jordbærnektar (Gössinger et al., 2009a).

Generelt ga de instrumentelle målingene få signifikante endringer i fargeverdiene. Der det var forskjeller, var det høytrykksbehandlede prøver som kom dårligere ut enn varmebehandlede. Ved å se på trykkbehandlede prøver isolert, ga ikke ulike trykkbetingelser signifikante forskjeller under prosessering og lagring. Dette bekrefter en studie, der 0-700 MPa ved 65 °C i 60 minutter ikke ga fargeendringer i jordbærjuice (Rodrigo et al., 2007). I teorien burde det tilsi at pigmentene var relativt stabile (Cao et al., 2011). Men, som kapittel 5.4. omhandlet, ble den viktigste pigmenttypen for jordbærfarge, anthocyaninene, relativt raskt brutt ned under lagring.

### **5.7. Sensoriske egenskaper**

Sensorisk profilering ble utført av FellesJuice. Kontrollprøver ble ikke lagret før bedømming, mens varmebehandlede og produkter behandlet ved 400, 500 og 600 MPa (mos i 1,5 minutt, juice i 3 minutter) ble bedømt etter 35 dagers lagring. 35 dagers lagring ble valgt, da det er vanlig holdbarhet for kommersiell varmebehandlet juice og man ønsker å vite om høytrykksbehandlede prøver er forskjellig fra varmebehandlede. I tillegg var det ønskelig å finne ut hvordan produktet eventuelt skiller seg fra ferskt produkt.

#### **5.7.1. Profilering av jordbærmos**

Ved å sammenligne de prosesserte mosprøvene, kom varmebehandlet mos smaksmessig bedre ut enn mos prosessert ved 400 MPa. Dette kan skyldes at 400 MPa ikke var tilstrekkelig for å inaktivere enzymer som bryter ned innholdsstoffer under lagring (Cao et al., 2011). Dette kan også forklare hvorfor 500 og 600 MPa ga mer typisk jordbærsmak enn 400 MPa etter 35 dagers lagring. Trykkbehandling er, som nevnt, mer skånsom mot enzymer enn høy temperatur, som kan ha hatt høyere restaktivitet i trykk- enn varmebehandlet mos. Dette stemmer overens med resultatene fra PPO-analysen. Selv om varmebehandling i teorien skal gi større tap av smaks- og fargestoffer enn høytrykk, kan effekten av lagringen altså ha vært større (Fellows, 2008,

Cao et al., 2011). At mos prosessert ved 400 MPa hadde signifikant mer bismak enn de andre prøvene, skyldes antakeligvis gjærveksten som de mikrobiologiske analysene påviste.

At kontrollmos var signifikant søtere enn alle trykkbehandlede prøver, mens varmebehandlet mos var søtere enn mos behandlet ved 400 og 500 MPa, kan ses i sammenheng med målte pH-verdier i disse prøvene. Kontroll hadde signifikant høyere pH ved dag 0, og kan da oppfattes som søtere, enn all trykkbehandlet mos ved dag 35. Videre hadde varmebehandlet mos signifikant høyere pH enn all trykkbehandlet mos ved dag 35. En tidligere omtalt studie har også funnet at varmebehandlet syltetøy var søtere enn trykkbehandlet syltetøy, mens 400 MPa ga sur ettersmak (Gimenez et al., 2001). Av hensyn til jordbærsmak og bismak bør man derfor trolig utelukke 400 MPa ved valg av trykkbetingelse for mos.

Videre var kontrollmos signifikant lysere enn trykkbehandlet mos. I tillegg var varmebehandlet mos og mos prosessert ved 400 og 600 MPa mer gråbrun enn kontroll. Resultatene fra profileringen kan ses i sammenheng med den instrumentelle analysen med Hunterlab. Nettopp 400-1,5- og 600-1,5-mos fikk der signifikant lavere  $L^*$  enn kontroll. Det indikerer altså at det har skjedd bruningsreaksjoner som både ga nedgang i  $L^*$  og som var tydelig for dommerne, men dette er kun en indikasjon (Gimenez et al., 2001). Om det betyr at 500 MPa er bedre egnet for jordbærmos enn 400 og 600 MPa krever bekreftende studier. Likevel bekrefter dette at man bør bruke kraftigere trykk enn 400 MPa ved høytrykksbehandling av jordbærmos. For øvrig fant en annen studie at varmebehandlet jordbærsyltetøy var både dypere og klarere rød enn trykkbehandlet. Høytrykksbehandlet syltetøy var mer rosa (Gimenez et al., 2001). Funnene er altså ikke entydige.

Når det gjelder AF-verdiene beregnet ut fra den instrumentelle fargemålingen, er det vanskelig å se noen tydelig sammenheng mellom disse og dommernes profilering. Ved dag 35 var det signifikante forskjeller i AF mellom varmebehandlet mos og mos behandlet med 600 MPa. Tendensen for de andre prøvene var for øvrig også at AF sank under lagring, selv om endringene ikke var signifikante. I profileringen ble 600-mos dømt som mer gråbrun enn kontroll og dette kan sees i sammenheng med lavere AF-verdi (Gössinger et al., 2009a).

Kontroll- og referansemos var tykkere enn trykkbehandlet mos. Videre ga 600 MPa tykkere konsistens enn 400 MPa, som kan gi en svak indikasjon på at jo høyere trykk, desto tykkere konsistens. Tykkere konsistens kan komme av strukturendringer som følge av høy temperatur eller trykk, samt restaktivitet av for eksempel pektinmetyl-esterase (Kilcast and MacKenna, 2004). I dette prosjektet ble ikke viskositet målt instrumentelt, hvilket gjør grunnlaget for å konkludere svakt. Det er ikke funnet studier som omhandler sensorisk bedømmelse av konsistens i tilsvarende jordbærprodukter. For øvrig har en studie på halve jordbær vist at 300-600 MPa, men også temperaturbehandling over 40 °C, ga redusert fasthet (Terefe et al., 2009).

### 5.7.2. Profilerings av jordbærjuice

Det var ikke uventet at kontrolljuicen var friskere enn varmebehandlet juice lagret i 35 dager. Både varmebehandling og lagring gir nedbryting av innholdsstoffer som bidrar til smak og aroma (Fellows, 2008). At kontroll også hadde mer typisk jordbærsmak enn 400- og 600-juicen etter 35 dager var derfor heller ikke overraskende. Det er for øvrig usikkert om dette skyldes at trykket faktisk ga tap av smaksstoffer, som i teorien skal være minimalt, eller om lagringen hadde størst skyld. Prosesserte prøver bør bedømmes etter 0 dager for å kunne vurdere dette. For juice ble det altså ikke funnet store forskjeller mellom trykk- og varmebehandlede prøver og heller ikke mellom de ulike trykkbetingelsene.

Ser man resultatene fra profileringen av juice i sammenheng med AF-verdiene, finner man her en viss sammenheng. I juice var det ikke signifikante forskjeller i AF mellom kontroll ved dag 0 og prosesserte prøver ved dag 35. Heller ikke den sensoriske bedømmelsen ga noen tydelige forskjeller mellom disse prøvene. Resultatene indikerer også en sammenheng med L\*-verdiene. I profileringen var kontrolljuice signifikant lysere og klarere enn de prosesserte og lagrede prøvene. De instrumentelle målingene viste også signifikant lavere L\*-verdi i prosesserte prøver ved dag 35 i forhold til kontroll. Som for mosen kan dette ha en sammenheng med de sensoriske resultatene, ved at bruningsreaksjoner under lagring har gitt lavere L\* og at prøvene da er mørkere (Cao et al., 2011).

Videre er det uklart hvorfor juice behandlet med 600 MPa hadde tykkere konsistens og mer fruktkjøtt. Figur 4.7. og 4.8. i kapittel 4.3.7. bekreftet at ubehandlet juice på dag 0 var mer homogen uten klumper enn juicen behandlet ved 600 MPa lagret i 35 dager. Det ble ikke registrert så store konsistensendringer under prosesseringen. Det kan derfor antas at de største endringene har skjedd underveis i lagringen.

### 5.8. Feilkilder

Under slike forsøk er det alltid en risiko for at konklusjoner trekkes på feil grunnlag. Det er derfor viktig å ha tatt hensyn til aktuelle feilkilder og faktorer som kan gjøres annerledes ved eventuelle gjentak.

Ved mosprosessering av delvis tinte bær i Food Processor, var det noe forskjell i tiningegrad. De første bærene som ble kjørt var hardere enn de som ble kjørt til slutt. Dette kan ha gitt ulik bærmasse, men ettersom all bærmassen ble blandet godt etter mosing, anses ikke dette som avgjørende for resultatene.

Juiceproduksjonen medførte derimot en større feilkilde, da juicen ikke ble blandet til en homogen blanding ved pressing. Juicen ble hatt i tre separate bøtter under pressing, som så ble helt direkte over i hver sin plastkanne. Det var tre kanner, der én gikk til parallell 1, én til parallell 2 og den siste til parallell tre. Juicen kunne med fordel vært blandet sammen først, da det kan være forskjell på bærsafta som presses ut først kontra den som presses ut til slutt. De statistiske analysene bekreftet at dette hadde signifikant effekt på flere av resultatene. Særlig C-vitamin-analysen ga varierte resultater. C-vitamin er vannløselig og forventes derfor å komme ut i første del av pressingen. Dette kan ha bidratt til varierende innhold i parallellene. For øvrig skulle ikke denne feilen gitt forskjell i resultatene, da alle prosesseringsforsøkene ble gjennomført fra hver omgang/parallell og behandlingen var lik.

Ved varmebehandlingen av jordbærproduktene viste det seg å være vanskelig å kontrollere at kjernetemperaturen var høy nok. Tilstrekkelig høy temperatur er viktig for å unngå mugg- og gjærvekst under lagring. I de varmebehandlede prøvene hvor det ble påvist vekst av mugg og gjær, er det altså en mulighet for at temperaturen var for lav. Veksten kan også skyldes at posene ikke var tette. Varmebehandlingen kan

med fordel forbedres ved senere forsøk, i tillegg til at man kontrollerer forseglingen av posene bedre.

All juicen ble trykkbehandlet på samme dag, mens mosen ble fordelt på to dager. Dette kan ha ført til variasjoner i prosesseringen som ikke lar seg styre. For øvrig ble prøvene kjørt i randomisert rekkefølge for å ta høyde for slike mulige variasjoner. Ved lagring og uttak/analysedag kan behandlingen av noen prøver ha vært uheldig. 0-prøvene ble for eksempel fraktet fra Stavanger til Ås med fly. Prøvene ble pakket inn med kjøleelementer, men dette er ingen garanti for at temperaturen var stabilt lav under hele transporten. I tillegg ble disse prøvene lagret ved ca. 4 °C over natten. Ideelt sett burde de blitt fryst ned umiddelbart. Øvrige prøver ble fryst ned på uttaksdagene og transportert med frysebil fra Stavanger til Ås, altså mer optimal behandling. Frysing skal gi minimale endringer i farge og innholdsstoffer.

Det bør også tas høyde for feil oppveining av jordbær før prosessering, samt pipetteringsfeil og andre metodiske feil ved mikrobiologisk prøveuttak og analyse av PPO-aktivitet, askorbinsyre- og TMA-innhold. Et eksempel er at de ekstraherte prøvene ved analyse av askorbinsyreinnhold kan ha stått for lenge før analyse-tidspunktet. Under filtreringen ble kolbene satt mørkt ved 4 °C og det ble noe venting før HPLC-maskinen var klar til kjøring. Selv om dette kan ha ført til noe oksidering av askorbinsyre før selve analysen, ble det i det minste gjort samme "feilen" på alle prøvene. Ved gjentak av mikrobiologiske analyser bør man også justere fortynningsgraden for å få flere tellbare skåler.

For at resultatenes nytteverdi for industrien skal økes, bør det også legges mer vekt på sensoriske bedømmelser. Ved sensorisk profilering av jordbærproduktene burde det blitt produsert mer bærmos og -juice til de sensoriske analysene, slik at profileringen kunne blitt gjort minst to ganger. I tillegg burde prosesserte prøver også bedømmes etter 0 dager. I dette forsøket ble behandlede prøver profilert etter 35 dagers lagring mot en ulagret kontroll. Dette gjør det vanskelig å vurdere i hvilken grad forskjellene skyldes behandlingen, lagringen eller om det er et samspill.

I de statistiske analysene av høytrykksbehandlet mos (kapittel 4.2.) og juice (kapittel 4.4.), samt sammenligning av mos og juice (kapittel 4.5), ble pH-verdier gitt med en

desimal, til tross for at verdiene var signifikant forskjellige på todesimalnivå. Det kan derfor se ut til at prøvene er like når man ser på tallverdiene, men ulike når man ser på Tukeygrupperingene. Ved vurdering av pH-forskjellene ble det derfor fortrinnsvis sett på Tukeybokstavene.

### **5.9. Nytteverdi og praktisk anvendelse av forsøksresultatene**

For industrien er disse resultatene interessante. Høytrykksbehandling er en skånsom metode som kan og bør benyttes for å fremstille naturlige produkter hvor næringsinnhold og estetisk kvalitet er bevart. Etter at Sunnivas høytrykksprosesserte juice ble fjernet, finnes det ikke høytrykksprosesserte produkter på det norske markedet. På det internasjonale markedet er slike produkter derimot utbredt. Økt kunnskap om behandlingsmetoden og dens effekter vil gjøre det enklere å utvikle gode norske produkter. Denne oppgaven vil forhåpentligvis bidra til nettopp å øke denne kunnskapen.

Til tross for mange fordeler, er det også utfordringer knyttet til høytrykksbehandling av jordbær. Anthocyaniner er relativt trykkstabile, men vil under lagring brytes ned av enzymer som er resistente mot høyt trykk, samt kjemisk nedbryting, og dermed gi fargetap. Det er derfor viktig å hindre enzymaktivitet ved for eksempel å lagre produktene ved kjøletemperatur. Lagring ved 0-4 °C senker enzymaktiviteten i jordbær.

Høytrykket kan også kombineres med økt temperatur for å inaktivere enzymer. Dette vil dog føre til at man mister høytrykksproduktenes sunne og naturlige profil, da høyere temperatur gir tap av næringsstoffer og farge. Lav lagringstemperatur er derfor mer aktuelt. I tillegg bør man vurdere emballasje med lys- og oksygenbarrierer og mulighetene for å redusere oksygenkonsentrasjonen ved emballering.

Når det gjelder valg av produkt, var det ingen PPO-aktivitet i juice, som kunne indikert at juice er bedre egnet enn mos. Videre var det ikke forskjell i nedbrytingshastigheten av TMA i varmebehandlet og trykkbehandlet juice, slik det var for mos. TMA-tapet var i tillegg større i mos enn i juice. AF-verdiene i både mos og juice var for øvrig over nedre grense for hva forbruker godtar for jordbærnektar (Gössinger et

al., 2009a). Valg av produkt var heller ikke avgjørende for stabiliteten til askorbinsyre. Utover dette ble 600-juice bedømt som klumpete og tykkere enn annen juice. Om dette skyldes det høye trykket eller andre faktorer, krever videre undersøkelser.

### 5.10. Videre arbeid

Først og fremst vil det nå være naturlig å kontrollere hvorvidt oppnådde resultater er reproduserbare. Dersom reproduserbarheten er tilfredsstillende, gis det her noen tips til videre arbeid.

Det vil være aktuelt å finne ut om forskjellige jordbærsorter reagerer ulikt på høytrykksbehandling og om det er eventuelle samspill mellom innholdsstoffene i jordbæra. Det er for eksempel aktuelt å analysere ulike jordbærsorter, da ulike sorter kan ha ulik enzymaktivitet og ulikt anthocyanininnhold. Slik kan man finne ut om bær av andre sorter enn Senga Sengana egner seg bedre til høytrykksbehandling.

Det kan også være hensiktsmessig å analysere viskositet, da ulike prosesseringsforhold kan gi forskjellig teksturendring, som den sensoriske profileringen indikerte. Man vet at tekstur har innvirkning på fargen i frukt og bær, blant annet med hensyn til lysrefleksjon på overflaten. I tillegg viste den sensoriske bedømmelsen at trykkbehandlet mos var tynnere enn kontroll og referanseprodukt. I den sammenheng kan produktene analyseres for pektinmetylerase-enzym, som er kjent for å påvirke tekstur.

Videre kan det være relevant å undersøke effekten av ulik emballasje, da særlig med hensyn til oksygenbarrierer. Det kan også være aktuelt å analysere de individuelle anthocyaninformene for å få mer kunnskap om hvilke av disse som eventuelt brytes ned og om det skjer polymerisering som kan ha innvirkning på fargen. I denne studien ble produktene lagret ved ganske ”snille” betingelser ved lav temperatur og mørkt i tett pose med lite headspace. Lagringsforsøk kan for eksempel gjøres med enda lavere temperatur, samt vakuumering av produktene.

Verken varme eller trykk ga signifikant reduksjon i C-vitaminkonsentrasjon i dette forsøket, men tapet var kraftig under lagring. Dersom man ønsker å markedsføre et

trykkbehandlet jordbærprodukt som en god og naturlig kilde til C-vitamin, bør man hemme denne nedbrytingen.

Ettersom tapet av TMA var høyt i juice til tross for at det ikke ble påvist PPO-aktivitet, kan det være gunstig å analysere prøvene for andre enzymer. Undertegnede testet for øvrig noen prøver for POD, men fant heller ingen aktivitet her.



## 6. KONKLUSJON

Studien presentert i denne oppgaven hadde til hensikt å undersøke effekten av høytrykksbehandling på nyprosesserte og lagrede jordbærprodukter. Følgende konklusjoner kan trekkes:

- Ved høytrykksprosessering av jordbærmos og –juice, bør kraftigere betingelser enn 400 MPa i 1,5 minutt benyttes for å unngå gjærvekst ved lagring.
- Resultatene indikerer at 49 dagers holdbarhet ikke er gunstig for høytrykksbehandlede prøver med valgte lagringsbetingelser, da det var muggvekst i trykkbehandlede prøver (400-600 MPa i 3 min) etter 49 dager.
- 85 °C i 2 minutter og 400-600 MPa i 1,5 og 3 minutter ga ikke signifikante endringer i PPO-aktiviteten i mos under prosessering. For øvrig ga resultatene en indikasjon på at høytrykksbehandling av mos gir økt PPO-aktivitet under lagring. I juice var det ingen PPO-aktivitet i noen prøver.
- TMA-tapet gikk raskere i høytrykksbehandlet enn i varmebehandlet mos. I juice var det ikke forskjell. Dette kan skyldes at det ikke var PPO-aktivitet i juice, men i mos.
- For bevaring av askorbinsyre var det ikke av stor betydning om man velger trykk eller varme som konserveringsmetode. Etter 14 og 35 dagers lagring var det ikke forskjell i innhold av askorbinsyre og svært lite igjen i all mos og juice. Askorbinsyra ble for øvrig brutt ned noe raskere i trykkbehandlet enn i varmebehandlet mos, trolig på grunn av høyere restaktivitet av enzymer. I juice var det ikke forskjell.
- Instrumentelt målt fargetone ( $^{\circ}$ Hue) og ”acceptance factor” (AF) endret seg lite under prosessering og lagring. AF-verdiene var over 0,7, som i en studie ble satt som grense for hva som var akseptabelt av forbruker for jordbærnektar (Gössinger et.al., 2009a). Fargeintensitet (Chroma) avtok mer i trykkbehandlede enn i varmebehandlede prøver. Lyshet ( $L^*$ ) avtok i all trykkbehandlet mos og juice under lagring. Dette indikerer at det har skjedd bruningsreaksjoner i produktene.  $L^*$  var stabil i varmebehandlede prøver. Trykkstyrken var ikke av betydning for de instrumentelt målte fargeverdiene.
- DigiEye-bildene viste liten forskjell mellom prøvene ved dag 0, men

varmebehandlet mos var lysere enn trykkbehandlet mos etter 14, 35 og 49 dagers lagring. Fargeforskjellene på DigiEye-bildene for juice var mindre.

- Mos behandlet med 500 og 600 MPa hadde mer typisk jordbærsmak enn mos behandlet med 400 MPa etter 35 dager. Sistnevnte hadde i tillegg mer bismak, noe som kan ses i sammenheng med gjærveksten.
- Varmebehandlet mos ble bedømt som søtere enn mos behandlet med 400 og 600 MPa, mens kontroll var søtere enn all trykkbehandlet mos. Dette samsvarer med at de mindre søte prøvene hadde lavere pH enn varmebehandlet mos.
- Kontrollmos var lysere enn de andre prøvene, mens varmebehandlet mos og mos behandlet med 400 og 600 MPa var mer gråbrun enn kontroll.
- Kontrolljuice var friskere enn de andre prøvene og hadde mer typisk jordbærsmak enn juice behandlet med 400 og 600 MPa. Kontroll var i tillegg lysere og klarere, hvilket samsvarer med høyere  $L^*$ . Det var ingen signifikante forskjeller mellom prosesserte prøver.
- Hovedutfordringen ved høytrykksprosessering er nedbryting av innholdsstoffer under lagring. Resultatene indikerer at fullstendig inaktivering av enzymer og god produktkvalitet krever høyt trykk, kombinert med høy temperatur og lang holdetid. Høyt trykk kombinert med høy temperatur kan derimot gå ut over den ferskheten som kjennetegner et høytrykksbehandlet produkt. I tillegg kan det være praktisk vanskelig å påføre trykk over 690 MPa. En mulighet kan da være å påføre trykk som gir mikrobiologisk holdbarhet og kombinere med lagring ved lav temperatur og lite tilgang på oksygen, som reduserer nedbrytingsreaksjoner. Når emballasjen brytes, vil man likevel få enzymatiske bruningsreaksjoner.

## 7. LITTERATURLISTE

- AABY, K., MAZUR, S., NES, A. & SKREDE, G. 2012. Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits: Composition in 27 cultivars and changes during ripening. *Food Chemistry*, 132, 86-97.
- AABY, K., SKREDE, G. & WROLSTAD, R. E. 2005. Phenolic Composition and Antioxidant Activities in Flesh and Achenes of Strawberries (*Fragaria ananassa*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 4032-4040.
- AGAR, I. T., STREIF, J. & BANGERTH, F. 1997. Effect of high CO<sub>2</sub> and controlled atmosphere on the ascorbic and dehydroascorbic acid content of some berry fruits *Postharvest Biology and Technology*, 11, 47-55.
- AOAC, J. 2005. Total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines. Official Method. *AOAC International*, 88.
- ASAKA, M., AOYAMA, Y., RITSUKO, N. & HAYASHI, R. 1994. Purification of a Latent Form of Polyphenoloxidase from La France Pear Fruit and its Pressure-activation *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 58, 1486-1489.
- ASAKA, M. & HAYASHI, R. 1991. Activation of polyphenoloxidase in pear fruits by high- pressure treatment. *Agriculture and biological chemistry* 55, 2439-2440.
- AVURE, T. u.å.-a. 215L-600 HPP System [Online]. Available: <http://avure.com/food/products/215l-600-system.asp>
- AVURE, T. u.å.-b. High Pressure Processing of Food [Online]. Available: <http://www.avure.com/food/applications/default.asp> [Accessed 20.9. 2012].
- BELITZ, H.-D., GROSCH, W. & SCHIEBERLE, P. 2009. *Food Chemistry*, Springer.
- BOONYARATANAKORNKIT, B. B., PARK, C. B. & CLARK, D. S. 2002. Pressure effects on intra- and intermolecular interactions within proteins. *BBA-Protein Structure and Molecular Enzymology* 1595, 235-249.
- BROUILLARD, R. 1982. Chemical structure of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (ed.) *Anthocyanins as Food Colors*. New York: Academic Press.
- BROUILLARD, R., FIGUEIREDO, P., ELHABIRI, M. & DANGLES, O. 1997. Molecular interactions of phenolic compounds in relation to the colour of fruit and vegetables In: TOMÁS-BARBERÁN, F. A. & ROBINS, R. J. (eds.) *Phytochemistry of Fruit and Vegetables. Proceedings of the Phytochemical Society of Europe* Oxford.
- BRUL, S., ROMMENS, A. J. M. & VERRIPS, C. T. 2000. Mechanistic studies on the inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* by high pressure. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 1, 99-108.
- BUENDIA, B., GIL, M. I., TUDELA, J. A., GADY, A. L., MEDINA, J. J., SORIA, C., LOPEZ, J. M. & TOMAS-BARBERAN, F. A. 2010. HPLC-MS analysis of proanthocyanidin oligomers and other phenolics in 15 strawberry cultivars. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 58, 3916-3926.
- BURROWS, G. 2001. Production of thermally processed and frozen fruit. In: ARTHEY, D. & ASHURST, P. R. (eds.) *Fruit Processing: Nutrition, products, and quality management* 2ed. Gaithersburg, Maryland: Aspen Publishers
- CANO, M. P., HERNANDEZ, A. & DEANCOS, B. 1997. High pressure and temperature effects on enzyme inactivation in strawberry and orange products. *Journal of Food Science*, 62, 85-88.

- CAO, X., BI, X., HUANG, W., WU, J., HU, X. & LIAO, X. 2012. Changes of quality of high hydrostatic pressure processed cloudy and clear strawberry juices during storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*.
- CAO, X., ZHANG, Y., ZHANG, F., WANG, Y., YI, J. & LIAO, X. 2011. Effects of high hydrostatic pressure on enzymes, phenolic compounds, anthocyanins, polymeric color and color of strawberry pulps. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91, 877-885.
- CARLSON, J. 2003. *Processing effects on the antioxidant activities of blueberry juices*. North Carolina State University.
- CHAUVIN, M. A., LEE, S. Y., CHANG, S., GRAY, P. M., KANG, D. H. & SWANSON, B. G. 2005. Ultra high pressure inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* and *Listeria innocua* on apples and blueberries. *Journal of Food Processing and Preservation*, 29, 424-435.
- CHAZARRA, S., GARCÍA-CARMONA, F. & CABANES, J. 2001. Evidence for a tetrameric form of Iceberg lettuce (*Lattuca sativa* L) polyphenol oxidase: purification and characterization *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 49, 4870-4875.
- CHEYNIER, V., SOUQUET, J.-M., KONTEK, A. & MOUTOUNET, M. 1994. Anthocyanin degradation in oxidizing grape musts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 66, 283-288.
- CHIAPPE GIACARINI, G. M. G. 2008. *Effect of High Hydrostatic Pressure and Thermal Processing on Cranberry Juice*. Master of Science, The State University of New Jersey.
- CHINOY, J. J. 1984. *The Role of Ascorbic Acid in Growth, Differentiation and Metabolism of Plants* Boston, Martinus Nijhoff/Kluwer.
- CROZIER, A., CLIFFORD, M. N. & ASHIHARA, H. 2006. Phenols, Polyphenols and Tannins: An Overview. In: CROZIER, A., JAGANATH, I. B. & CLIFFORD, M. N. (eds.) *Plant Secondary Metabolites: Occurrence, Structure and Role in the Human Diet*. Oxford, UK Blackwell Publishing Ltd. .
- DAVEY, M. W., DEKEMPENEER, E. & KEULEMANS, J. 2003. Rocket-powered high-performance liquid chromatographic analysis of plant ascorbate and glutathione. *Analytical Biochemistry*, 316, 74-81.
- DAVEY, M. W., VAN MONTAGU, M., INZE, D., SANMARTIN, M., KANELIS, A., SMIRNOFF, N., BENZIE, I. J. J., STRAIN, J. J., FAVELL, D. & FLETCHER, J. 2000. Plant L-ascorbic acid: Chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 80, 27-36.
- DING, C. K., CHACHIN, K., UEDA, Y. & IMAHORI, Y. 1998. Purification and properties of polyphenol oxidase from loquat fruit. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 46, 4144-4149.
- EISENMENGER, M. J. & REYES-DE-CORCUERA, J. I. 2009. High pressure enhancement of enzymes: A review. *Enzyme and Microbial Technology*, 45, 331-347.
- FARKAS, D. F. & HOOVER, D. G. 2000. High Pressure Processing *Journal of Food Science*, 65, 47-64.
- FELLOWS, P. J. 2008. *Food Processing Technology, principles and practice*, Woodhead Publishing Limited og CRC Press LCL
- FENNEMA, O. 2008. *Fennema's Food Chemistry*, Marcel Dekker Inc.
- FRANCIS, F. J. 1989. Food Colorants: Anthocyanins. . *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 28, 273-314.

- GARCIA-PALAZON, A., SUTHANTHANGJAI, W., KAJDA, P. & ZABETAKIS, I. 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, 7-10.
- GARZON, G. A. & WROLSTAD, R. E. 2002. Comparison of the stability of pelargonidin-based anthocyanins in strawberry juice and concentrate. *Journal of Food Chemistry*, 67, 1288-99.
- GIAMPIERI, F., TULIPANI, S., ALVAREZ-SUAREZ, J. M., QUILES, J. L., MEZZETTI, B. & BATTINO, M. 2012. The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition* 28, 9-12.
- GIMENEZ, J., KAJDA, P., MARGOMENOU, L., PIGGOTT, J. R. & ZABETAKIS, I. 2001. A study on the colour and sensory attributes of high-hydrostatic-pressure jams as compared with traditional jams. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81, 1228-1234.
- GIUSTI, M. M. & JING, P. 2007. Natural Pigments of berries: Functionality and application. In: ZAHO, Y. (ed.) *Berry Fruit. Value-added products for health promotion* Boca Raton, FL: CRC Press
- GIUSTI, M. M., RODRIGUEZ-SAONA, L. E. & WROLSTAD, R. E. 1999. Molar Absorptivity and Color Characteristics of Acylated and Non-Acylated Pelargonidin-Based Anthocyanins. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 47, 4631-4637.
- GIUSTI, M. M. & WALLACE, T. C. 2009. Flavonoids as Natural Pigments. In: BECHTOLD, T. & MUSSAK, R. (eds.) *Handbook of Natural Colorants* Wiley.
- GIUSTI, M. M. & WROLSTAD, R. E. 2001. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. In: WROLSTAD, R. E. (ed.) *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- GOMES, M. R. A. & LEDWARD, D. A. 1996. Effect of High Pressure Treatments on the Activity of Some Polyphenoloxidases. *Food Chemistry*, 56, 1-5.
- GROSS, M. & JAENICKE, R. 1994. Proteins under pressure - the influence of high hydrostatic-pressure on structure, function, and assembly of proteins and protein complexes. *European Journal of Biochemistry* 221, 617-630.
- GUICHARD, E., CHAMBROY, Y., REICH, M., FOURNIER, N. & SOUTY, M. 1992. Influence de la concentration en dioxyde de carbone sur la qualité aromatique des fraises après entreposage. *Sciences des Aliments*, 12, 83-100.
- GÖSSINGER, M., MORITZ, S., HERMES, M., ULLRAM, T., MAYER, F., WENDELIN, S. & BERGHOFER, E. 2007. Farbstabilisierung bei Erdbeerprodukten. *Proceedings of the ALVA Jahrestagung*. Stadtschlaining, Österrike
- GÖSSINGER, M., MORITZ, S., HERMES, M., WENDELIN, S., SCHERBICHLER, H., HALBWIRTH, H., STICH, K. & BERGHOFER, E. 2009a. Effect of processing parameters on colour stability of strawberry nectar from puree. *Journal of Food Engineering* 90, 171-178.
- GÖSSINGER, M., T., U., HERMES, M., WENDELIN, S., S., B., HALBWIRTH, H., STICH, K. & BERGHOFER, E. 2009b. Effects of pre-freezing, puree content and pasteurisation regime on colour stability of strawberry nectar made from puree. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89, 144-149.

- HANNUM, S. M. 2004. Potential Impact of Strawberries on Human Health: A Review of the Science. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44, 1-17.
- HART, H., CRAINE, L. E., HART, D. J. & HADAD, C. M. 2007. *Organic Chemistry - A short course*, Boston, Houghton Mifflin Company.
- HEINZ, V. & BUCKOW, R. 2010. Food preservation by high pressure. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit-Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 5, 73-81.
- HENDRICKX, M., LUDI KHUYZE, L., VAN DEN BROECK, I. & WEEMAES, C. 1998. Effects of high pressure on enzymes related to food quality. *Trends in Food Science & Technology*, 9, 197-203.
- HOLCROFT, D. M. & KADER, A. A. 1999. Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 17, 19-32.
- HOLZSWARTH, M., KORHUMMEL, S., CARLE, R. & KAMMERER, D. R. 2012. Impact of enzymatic mash maceration and storage on anthocyanin and color retention of pasteurized strawberry purées. *European Food Research and Technology* 234, 207-222.
- HUANG, J., WANG, S., ZHANG, L., WU, J., XU, Z., LIAO, X., HAO, Y. & ZHANG, Y. 2012. Isolation and identification of high pressure-resistant bacteria naturally contaminating strawberry pulp. *International Journal of Food Science and Technology*, 47, 2620-26.
- HUI, Y. H., CHANDAN, R. C., CLARK, S., CROSS, N., DOBBS, J., HURST, W. J., NOLLET, L. M. L., SHIMONI, E., SINHA, N., SMITH, E. B., SURAPAT, S., TITCHENAL, A. & TOLDRÁ, F. 2007. *Handbook of Food Products Manufacturing* John Wiley & Sons, Inc. .
- HÄKKINEN, S. H., KÄREN LAMPI, S. O., MYKKÄNEN, H. M. & TÖRRÖNEN, A. R. 2000. Influence of domestic processing and storage on flavonol contents in berries. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 48, 2960-2965.
- IKAN, R. 1991. *Natural Products - a Laboratory guide* Academic Press.
- KALT, W. 2005. Effects of production and processing factors on major fruit and vegetable antioxidants. *Journal of Food Science*, 70, R11-R19.
- KARLSEN, A., BLOMHOFF, R. & GUNDERSEN, T. E. 2005. High-Throughput analysis of Vitamin C in human plasma with the use of HPLC with monolithic column and UV-detection. *Journal of Chromatography B*, 824, 132-138.
- KILCAST, D. & MACKENNA, B. M. 2004. *Texture in Foods: Solid foods, 2. utg.* , Woodhead Publishing.
- KNORR, D. 1993. Effects of high hydrostatic pressure processes on food safety and quality. *Food Technology* 47, 156.
- KOPPEL, K., TIMBERG, L., SALUMETS, A. & PAALME, T. 2010. Possibility for a strawberry jam sensory standard. *Journal of Sensory Studies*, 21, 71-80.
- KOUNIAKI, S., KAJDA, P. & ZABETAKIS, I. 2004. The effect of high hydrostatic pressure on anthocyanins and ascorbic acid in blackcurrants (*Ribes nigrum*). *Flavour and Fragrance Journal*, 19, 281-286.
- KUNUGI, S. 1992. Enzyme reactions under high pressure and their applications. *Enzyme Engineering XI*, 672, 293-304.
- LADO, B. H. & YOUSEF, A. E. 2002. Alternative food-preservation technologies: efficacy and mechanisms. *Microbes and Infection*, 4, 433-440.

- LAMBERT, Y., DEMAZEAU, G., LARGETEAU, A. & BOUVIER, J. M. 1999. Changes in aromatic volatile composition of strawberry after high pressure treatment. *Food Chemistry*, 67, 7-16.
- LEE, S. K. & KADER, A. A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20, 207-220(14).
- LEI, D. F., FENG, Y. & JIANG, D. Z. 2004. Characterization of polyphenol oxidase from plants. *Progress in Natural Science*, 14, 553-561.
- LYKKEFELDT, J. 2000. Determination of ascorbic acid and dehydroascorbic acid in biological samples by high-performance liquid chromatography using subtraction methods: reliable reduction with tris[2-carboxyethyl]phosphine hydrochloride. *Analytical Biochemistry*, 282, 89-93.
- MAATTA-RIIHINEN, K. R., KAMAL-ELDIN, A. & TORRONEN, A. R. 2004. Identification and quantification of phenolic compounds in berries of *Fragaria* and *Rubus* species (Family rosaceae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 6178-6187.
- MACDOUGALL, D. B. 2002. Colour measurement of food: principles and practice. In: MACDOUGALL, D. B. (ed.) *Colour in food, improving quality*. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited.
- MADIGAN, M. T., MARTINKO, J. M., DUNLAP, P. V. & CLARK, D. P. 2009. *Brock: Biology of Microorganisms* Pearson Prentice Hall, , Pearson Education International
- MAYER, A. M. & STAPLES, R. C. 2002. Laccase: nez functions for an old enzyme. *Phytochemistry*, 60, 551-565.
- MAYER, F. & HAREL, E. 1979. Polyphenol oxidase in plants. *Phytochemistry*, 18, 193-215.
- MERMELSTEIN, N. H. 1997. High-pressure processing reaches the US market. *Food Technology*, 51, 95-97.
- MESCHTER, E. E. 1953. Effects of carbohydrates and other factors on strawberry products. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 1, 574-579.
- MOZHAEV, V. V., LANGE, R., KUDRYASHOVA, E. V. & BALNY, C. 1996. Application of high hydrostatic pressure for increasing activity and stability of enzymes. *Biotechnology and Bioengineering*, 52, 320-331.
- NAVARRO, M., VERRET, C., PARDON, R. & EL MOUEFFAK, A. 2002. Changes in volatile aromatic compounds of strawberry puree treated by high-pressure during storage. *High Pressure Research*, 22, 693-696.
- NES, A. 2003. Jordbærsortar. *Grønn kunnskap*, 7, 402-408.
- NES, A. & HAGEBERG, B. 2005. Prøving av nye jordbærsortar for konsum og industri. *Grønn kunnskap*, 7, 445-453.
- NES, A., HAGEBERG, B. & HAGELUND, R. 2001. Nye sortar i jordbær og solbær i Norge og utlandet. *Grønn forskning*, 2, 222-230.
- NOFIMA, A. S. 2012. RE: Høytrykk i fokus.
- OEY, I., LILLE, M., VAN LOEY, A. & HENDRICKX, M. 2008a. 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, 320-328.
- OEY, I., VAN DER PLANCKEN, I., VAN LOEY, A. & HENDRICKX, M. 2008b. Does high pressure processing influence nutritional aspects of plant based food systems? *Trends in Food Science & Technology*, 19, 300-308.

- OEY, I., VERLINDE, P., HENDRICKX, M. E. & VAN LOEY, A. 2006. Temperature and pressure stability of L-ascorbic acid and/or 5-methyltetrahydrofolic acid: a kinetic study. *European Food Research and Technology*, 219, 161-166.
- PASSARDI, F., PENEL, C. & DUNAND, C. 2004. Performing the paradoxical: how plant peroxidases modify the cell wall. *Trends in Plant Science*, 9, 534-540.
- PATHARE, P. B., OPARA, U. L. & AL-SAID, F. A.-J. 2012. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food Bioprocess Technology*, 10, 11947-11012.
- PATRAS, A., BRUNTON, N. P., DA PIEVE, S. & BUTLER, F. 2009. Impact of high pressure processing on total antioxidant activity, phenolic, ascorbic acid, anthocyanin content and colour of strawberry and blackberry purees. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10, 308-313.
- PATRAS, A., BRUNTON, N. P., TIWARI, B. & BUTLER, F. 2011. Stability and degradation kinetics of bioactive compounds and colour in strawberry jam during storage. *Food and Bioprocess Technology*, 4, 1245-1252.
- PATTERSON, M. F. 2005. Microbiology of pressure-treated foods. *Journal of Applied Microbiology*, 98, 1400-1409.
- PEREZ, A. G., OLIAS, R., OLIAS, J. M. & SANZ, C. 1998. Strawberry quality as a function of the high pressure fast cooling design *Food Chemistry*, 62, 161-168.
- PERRIER-CORNET, J. M. & HAYERT, M. 1999. Colour and texture of apples high pressure processed in pineapple juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11, 39-46.
- PHILLIPS, K. M., TARRAGÓ-TRANI, M. T., GEBHARDT, S. E., EXLER, J., PATTERSON, K. Y., HAYTOWITZ, D. B., PEHRSSON, P. R. & HOLDEN, J. M. 2010. Stability of vitamin C in frozen raw fruit and vegetable homogenates. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23, 253-259.
- POTTER, N. N. & HOTCHKISS, J. H. 1998. *Food Science*, Aspen Publishers
- POURCEL, L., ROUTABOUL, J.-M., CHEYNIER, V., LEPINIEC, L. & DEBEAUJON, I. 2007. Flavonoid oxidation in plants: from biochemical properties to physiological functions. *Trends in Plant Science*, 12, 29-36.
- PROCTOR, A. 2010. *Alternatives to Conventional Food Processing*, RCS Publishing
- QUEIROZ, C., LOPES, M. L. M., FIALHO, E. & VALENTE-MESQUITA, V. L. 2008. Polyphenol Oxidase: Characteristics and Mechanisms of Browning Control. *Food Reviews International* 24, 361-375.
- QUEVEDO, R., AGUILERA, J. & PEDRESCHI, F. 2010. Color of salmon fillets by computer vision and sensory panel *Food and Bioprocess Technology*, 3, 951-958.
- RAPEANU, G., LOEY, A. V., SMOUT, C. & HENDRICKX, M. E. 2005. Effect of pH on thermal and/or pressure inactivation of Victoria grape (*Vitis vinifera sativa*) polyphenol oxidase: A kinetic study. *Journal of Food Science*, 70, E301-E307.
- RASO, J. & BARBOSA-CANOVAS, V. 2003. Nonthermal preservation of food using combined processing techniques. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43, 265-285.
- ROBINSON, D. S. 1991. Peroxidase and catalase. In: ROBINSON, D. S. & ESKIN, N. A. M. (eds.) *Oxidative enzymes in foods*. Amsterdam: Elsevier.
- RODRIGO, D., VAN LOEY, A. & HENDRICKX, M. 2007. Combined thermal and high pressure colour degradation of tomato puree and strawberry juice. *Journal of Food Engineering*, 79, 553-560.



- RWABAHIZI, S. & WROLSTAD, R. E. 1988. Effects of Mold Contamination and Ultrafiltration on the Color Stability of Strawberry Juice and Concentrate. *Journal of Food Science*, 53, 857-861.
- SAIZ, A. H., MINGO, S. T., BALDA, F. P. & SAMSON, C. T. 2008. Advances in design for successful commercial high pressure food processing. *Food Aust*, 60.
- SANCHO, F., LAMBERT, Y., DEMAZEAU, G., LARGETEAU, A., BOUVIER, J. M. & NARBONNE, J. F. 1999. Effect of ultra-high hydrostatic pressure on hydrosoluble vitamins. *Journal of Food Engineering*, 39, 247-253.
- SKREDE, G., MARTINSEN, B. K., WOLD, A.-B., BIRKELAND, S.-E. & AABY, K. 2012. Variation in quality parameters between and within 14 Nordic tree fruit and berry species. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 62, 193-208.
- SMELT, J. P. P. M. 1998. Recent advances in the microbiology of high pressure processing. *Trends in Food Science & Technology*, 9, 152-158.
- SOLIVA-FORTUNY, R. C., BIOSCA-BIOSCA, M., GRIGELMO-MIGUEL, N. & MARTIN-BELLOSO, O. 2002. Browning, polyphenol oxidase activity and headspace gas composition during storage of minimally processed pears using modified atmosphere packaging. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82, 1490-1496.
- STEVENS, S. 2009. New Horizons For Food Safety: American Pasteurisation Company and High Pressure Processing. *Defending Food Safety* [Online].
- SUBRAMANIAN, N., VENKATESH, P., GANGULI, S. & SINKAR, V. P. 1999. Role of polyphenol oxidase and peroxidase in the generation of black tea theaflavins. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 47, 2571-2578.
- SUNNIVA. u.å. *Sunniva Flyt - en helt ny type juice!* [Online]. Available: <http://www.sunniva.no/anledninger/sunniva-flyt-en-helt-ny-type-juice> [Accessed 10.9. 2012].
- SUTHANTHANGJAI, W., KAJDA, P. & ZABETAKIS, I. 2005. The effect of high hydrostatic pressure on the anthocyanins of raspberry (*Rubus idaeus*). *Food Chemistry*, 90, 193-197.
- TAOUKIS, P. S., PANAGIOTIDIS, P., STOFOROS, N. G., BUTZ, P., FISTER, H. & TAUSCHER, B. 1998. Kinetics of vitamin C degradation under high pressure-moderate temperature processing in model systems and fruit juices. In: ISAACS, N. S. (ed.) *High pressure food science, bioscience and chemistry*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry.
- TEREFE, N. S., MATTHIES, K., SIMONS, L. & VERSTEEG, C. 2009. Combined high pressure-mild temperature processing for optimal retention of physical and nutritional quality of strawberries (*Fragaria x ananassa*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10, 297-307.
- TEREFE, N. S., YANG, Y. H., KNOERZER, K., BUCKOW, R. & VERSTEEG, C. 2010. High pressure and thermal inactivation kinetics of polyphenol oxidase and peroxidase in strawberry puree. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11, 52-60.
- TOMÁS-BARBERÁN, F. A. & ESPIN, J. C. 2001. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruites and vegetables *Journal of Food and Agriculture*, 83, 417-422.
- VAMOS-VIGYAZO, L. 1981. Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 15, 49-127.

- VAN DEN BROECK, I., LUDI KHUYZE, L. R., WEEMAS, C. A., VAN LOEY, A. & HENDRICKX, M. E. 1998. Kinetics for Isobaric-Isothermal Degradation of L-Ascorbic Acid. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 46, 2001-2006.
- VERBEYST, L., BOGAERTS, R., VAN DER PLANCKEN, I., HENDRICKX, M. E. & VAN LOEY, A. 2013. Modelling of Vitamin C Degradation during Thermal and High-Pressure Treatments of Red Fruit. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 1015-1023.
- VERBEYST, L., HENDRICKX, M. & VAN LOEY, A. 2012. Characterisation and screening of the process stability of bioactive compounds in red fruit paste and red fruit juice. *European Food Research and Technology*, 234, 593-605.
- VERBEYST, L. & OEY, I. 2010 Kinetic study on the thermal and pressure degradation of anthocyanins in strawberries. *Food Chemistry*, 123, 269-274.
- VILLAMIEL, M., DEL CASTILLO, M. D. & CORZO, N. 2008. Browning Reactions. In: HUI (ed.) *Food Chemistry and Food Processing* Wiley-Blackwell.
- WALKER, J. R. & FERRAR, P. H. 1998. Diphenol oxidases, enzyme catalysed browning and plant disease resistance. *Biotechnology & Genetic Engineering Reviews*, 15, 277-285.
- WATSON, D. J. 1997. *Chemical characterization of wild maine cranberries*. University of Maine.
- WEEMAS, C. A., DE CORDT, S. V., LUDI KHUYZE, L. R., VAN DEN BROECK, I., HENDRICKX, M. E. & TOBBACK, P. P. 1997. Influence of pH, benzoic acid, EDTA, and glutathione on the pressure and/or temperature inactivation kinetics of mushroom polyphenoloxidase. *Biotechnology Program*, 13, 25-32.
- WESCHE-EBELING, P. & MONTGOMERY, M. W. 1990. Strawberry polyphenoloxidase: its role in anthocyanin degradation *Journal of Food Science*, 55, 731-745.
- WHITAKER, J. R. 1985. Mechanisms of Oxidoreductases - Important in Food Component Modification *Chemical Changes in Food during Processing*. Basic Symposium Series
- WHITAKER, J. R. & LEE, C. Y. 1995. Recent advances in chemistry of enzymatic browning - an overview. In: LEE, C. (ed.) *Enzymatic Browning and its Prevention*
- WROLSTAD, R. E., DURST, R. & LEE, J. 2005. Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. *Trends in Food Science & Technology*, 16, 423-428.
- WROLSTAD, R. E., NGO, T., FINN, C. E. & ZAHO, Y. 2007. Color quality of fresh and processed strawberries In: CULVER, C. A. & WROLSTAD, R. E. (eds.) *Color quality of fresh and processed foods*. Washington, DC: American Chemical Society
- WROLSTAD, R. E., PUTNAM, T. P. & VARSEVELD, W. 1970. Color quality of frozen strawberries: effect of anthocyanin, pH, total acidity and ascorbic acid variability. *Journal of Food Science*, 35, 448-452.
- ZABETAKIS, I., KOULENTIANOS, A., ORRUNO, E. & BOYES, I. 2000a. The effect of high hydrostatic pressure on strawberry flavour compounds. *Food Chemistry*, 71, 51-55.
- ZABETAKIS, I., LECLERC, N. & KAJDA, P. 2000b. The effect of high hydrostatic pressure on the strawberry anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 2749-2754.
- ZAFRILLA, P., FERRERES, F. & TOMÁS-BARBERÁN, F. A. 2001. Effect of processing and storage on the antioxidant ellagic acid derivatives and

- flavonoids of red raspberry (*Rubus idaeus*) jams. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 49, 3651-3655.
- ÖZOGLU, H. & BAYIINDIRLI, A. 2002. Inhibition of enzymatic browning in cloudy apple juice with selected antibrowning agents. *Food Control* 13, 213-221.



## Egenskapsforklaringer benyttet i sensorisk profilering av jordbærmos og -juice

<b>FARGE STYRKE</b>	Hvor lys/mørk er fargen på juicen/bærmassen ? <b>Lys:</b> Fargen er svært lys, nesten hvit <b>Mørk:</b> Fargen er svært rød
<b>FARGE RENHET</b>	Hvor ren er rød fargen på juice/fruktmasse? <b>Rød:</b> Fargen er rent og klart rød <b>Brun/grå:</b> Fargen er uren og svært brun/grå
<b>KONSISTENS</b>	Hvor tynn/tykk er juicen/bærmassen ? <b>Tynn:</b> Juicen er svært tynn og minner mest om vann i konsistens <b>Tykk:</b> Juicen er svært tykk og grøtet i konsistens
<b>BITER</b>	Hvor mye biter er det i juicen/bærmassen? <b>Ingen:</b> Det er ikke noe biter i juicen/bærmassen <b>Svært mange:</b> Det er svært mye biter i juicen/bærmassen
<b>BITSTØRRELSE</b>	Hvor store er bitene i juicen/fruktmassen? <b>Mos:</b> Det er ingen synlig struktur av fruktbiten i juicen/fruktmassen <b>Svært store:</b> Det er svært store biter i fruktmassen
<b>JORDBÆRLUKT</b>	Hvor mye jordbær lukter det av juicen/fruktmassen ? <b>Ingen:</b> Det lukter ikke jordbær av juicen/fruktmassen <b>Intens:</b> Det lukter intenst jordbær av juicen/fruktmassen
<b>JORDBÆRSMAK</b> Styrke	Hvor mye jordbær smaker det av juicen/fruktmassen ? <b>Ingen:</b> Det smaker ikke jordbær av juicen/fruktmassen <b>Intens:</b> Det smaker intenst jordbær av juicen/fruktmassen
<b>JORDBÆRSMAK</b> Typisk	Hvor naturlig og typisk er smaken av jordbær i juicen/fruktmassen ? <b>Utypisk:</b> Juicen/fruktmassen har en kunstig og unaturlig jordbærsmak <b>Typisk:</b> Juicen/fruktmassen har en typisk og naturlig jordbærsmak
<b>SØT SMAK</b>	Hvor søt er juicen/fruktmassen ? <b>Ingen:</b> Juicen/fruktmassen er har ingen søt smak <b>Intens:</b> Juicen/fruktmassen er intenst søt og kvalmende
<b>SYRLIG SMAK</b>	Hvor syrlig er juicen/fruktmassen ? <b>Ingen:</b> Juicen/fruktmassen har ingen syrlig smak <b>Mye:</b> Juicen/fruktmassen er intenst/skarpt sur
<b>FRISKHET</b>	Hvor frisk er juicen/fruktmassen ? <b>Tam:</b> Juicen/fruktmassen har en vannaktig smak <b>Frisk:</b> Juicen/fruktmassen er frisk og har god søt/syrlig ballanse
<b>MODENHET</b>	Hvor moden er smaken på juicen/fruktmassen ? <b>Kartsmak:</b> Juicen/fruktmassen smaker av jordbærkart <b>Moden:</b> Juicen/fruktmassen er smaker av svært overmodne jordbær
<b>OKSIDERT</b>	Hvor oksidert er smaken i juicen/fruktmassen? <b>Ingen:</b> Juicen/fruktmassen har ingen oksidert smak <b>Intens:</b> Juicen/fruktmassen har en intens oksidert smak
<b>BISMAK</b>	Fremmedsmaker som normalt ikke skal være i juice/fruktmasse <b>Ingen:</b> Juicen/fruktmassen har ingen fremmedsmak. <b>Intens:</b> Juicen/fruktmassen har en eller flere intense fremmedsmaker. Ved anmerking av bismak bør hvilken bismak man kjenner oppgis i kommentarfeltet.

## Vedlegg 2

### a\*- og b\*-verdier for jordbærmos og -juice målt med LabScan XE-fargemåler

**Tabell I.** a-verdier i jordbærmos for alle betingelser ved alle uttak<sup>ab</sup>

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER	49 DAGER
<b>Kontroll</b>	28,9 ± 0,9 abc			
<b>VB</b>	29,5 ± 0,6 ab	30,0 ± 0,3 a	27,5 ± 1,7 abcdef	28,3 ± 1,4 abcde
<b>400-1,5</b>	28,4 ± 1,1 abcde	27,2 ± 0,9 abcdef	25,1 ± 0,4 cdef	25,5 ± 0,7 bcdef
<b>400-3</b>	27,98 ± 0,3 abcdef	27,4 ± 0,8 abcdef	25,5 ± 0,9 bcdef	25,8 ± 1,0 abcdef
<b>500-1,5</b>	28,68 ± 0,3 abcd	28,0 ± 1,1 abcdef	25,1 ± 0,6 cdef	25,7 ± 0,8 abcdef
<b>500-3</b>	28,8 ± 0,5 abc	27,2 ± 0,3 abcdef	25,5 ± 1,7 bcdef	25,7 ± 0,8 abcdef
<b>600-1,5</b>	28,4 ± 0,3 abcde	27,0 ± 0,4 abcdef	24,0 ± 0,9 f	25,3 ± 0,3 bcdef
<b>600-3</b>	28,5 ± 0,9 abcde	28,0 ± 0,4 def	24,3 ± 0,5 ef	25,8 ± 0,7 abcdef

<sup>a</sup> Resultatene er basert på analyser av tre paralleller (n = 3). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test er verdiene med ulik bokstaver er forskjellige (p ≤ 0,05)

**Tabell II.** a-verdier i jordbærjuice for alle betingelser ved alle uttak<sup>ab</sup>

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER	49 DAGER
<b>Kontroll</b>	23,7 ± 0,1 a			
<b>VB</b>	23,1 ± 0,1 abc	21,7 ± 0,5 abcd	21,6 ± 0,7 abcd	20,8 ± 0,3 cde
<b>400-3</b>	23,7 ± 0,4 a	21,8 ± 1,7 abcd	20,0 ± 0,7 defg	18,9 ± 0,8 efg
<b>500-1,5</b>	23,5 ± 0,1 ab	19,4 ± 0,9 defg	17,7 ± 0,2 g	18,2 ± 0,4 fg
<b>500-3</b>	23,8 ± 0,4 a	20,7 ± 1,2 cdef	19,0 ± 1,1 defg	19,3 ± 0,7 defg
<b>600-3</b>	23,5 ± 0,1 ab	21,1 ± 1,1 bcde	19,7 ± 2,1 defg	19,1 ± 0,6 defg

<sup>a</sup> Resultatene er basert på analyser av tre paralleller (n = 3). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test er verdiene med ulik bokstaver er forskjellige (p ≤ 0,05)

**Tabell III.** b-verdier i jordbærmos for alle betingelser ved alle uttak<sup>ab</sup>

Prøve	0 DAGER	14 DAGER	35 DAGER	49 DAGER
<b>Kontroll</b>	18,7 ± 0,8 ab			
<b>VB</b>	19,0 ± 0,6 a	18,2 ± 0,3 abc	16,9 ± 1,8 abcdef	16,6 ± 1,4 bcdefg
<b>400-1,5</b>	17,9 ± 0,7 abc	16,5 ± 0,6 bcdefg	15,3 ± 0,2 efgh	14,6 ± 0,4 fgh
<b>400-3</b>	17,7 ± 0,2 abcd	16,7 ± 0,7 abcdefg	13,6 ± 0,7 h	14,4 ± 0,5 gh
<b>500-1,5</b>	18,2 ± 0,6 abc	17,1 ± 0,6 abcde	15,0 ± 0,3 efgh	14,7 ± 0,2 fgh
<b>500-3</b>	17,9 ± 0,5 abc	16,9 ± 0,2 abcdef	15,5 ± 0,7 defgh	14,8 ± 0,4 efgh
<b>600-1,5</b>	17,9 ± 0,3 abc	16,4 ± 0,4 cdefg	15,1 ± 0,8 efgh	14,6 ± 0,2 fgh
<b>600-3</b>	18,0 ± 1,1 abc	16,8 ± 0,3 abcdefg	15,5 ± 0,5 defgh	15,3 ± 0,6 efgh

<sup>a</sup> Resultatene er basert på analyser av tre paralleller (n = 3). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test er verdiene med ulik bokstaver er forskjellige (p ≤ 0,05)

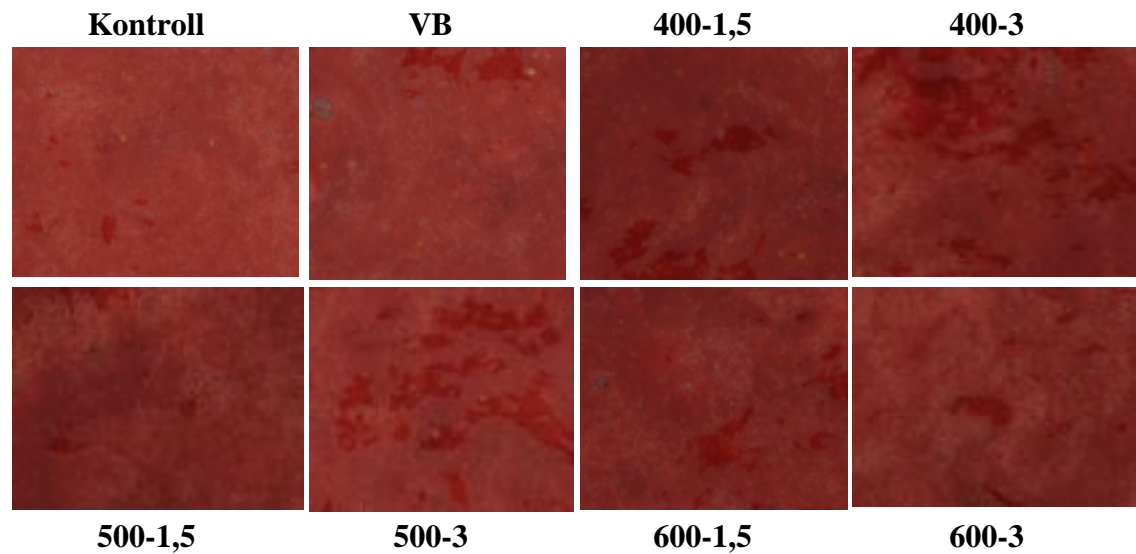
**Tabell IV.** b-verdier i jordbærjuice for alle betingelser ved alle uttak<sup>ab</sup>

<b>Prøve</b>	<b>0 DAGER</b>	<b>14 DAGER</b>	<b>35 DAGER</b>	<b>49 DAGER</b>
<b>Kontroll</b>	12,4 ± 0,2 a			
<b>VB</b>	10,4 ± 0,1 abcd	10,2 ± 0,5 bcde	9,4 ± 0,5 cdef	9,6 ± 0,7 bcdef
<b>400-3</b>	11,6 ± 1,0 ab	9,7 ± 1,9 bcdef	8,1 ± 0,5 fg	7,8 ± 0,2 fg
<b>500-1,5</b>	10,5 ± 0,1 abcd	7,7 ± 0,4 fg	7,1 ± 0,1 g	7,5 ± 0,3 fg
<b>500-3</b>	11,2 ± 0,6 abc	8,5 ± 0,8 defg	7,8 ± 0,6 fg	8,7 ± 0,6 defg
<b>600-3</b>	11,6 ± 1,0 ab	8,9 ± 0,7 defg	8,2 ± 1,1 efg	7,8 ± 0,5 fg

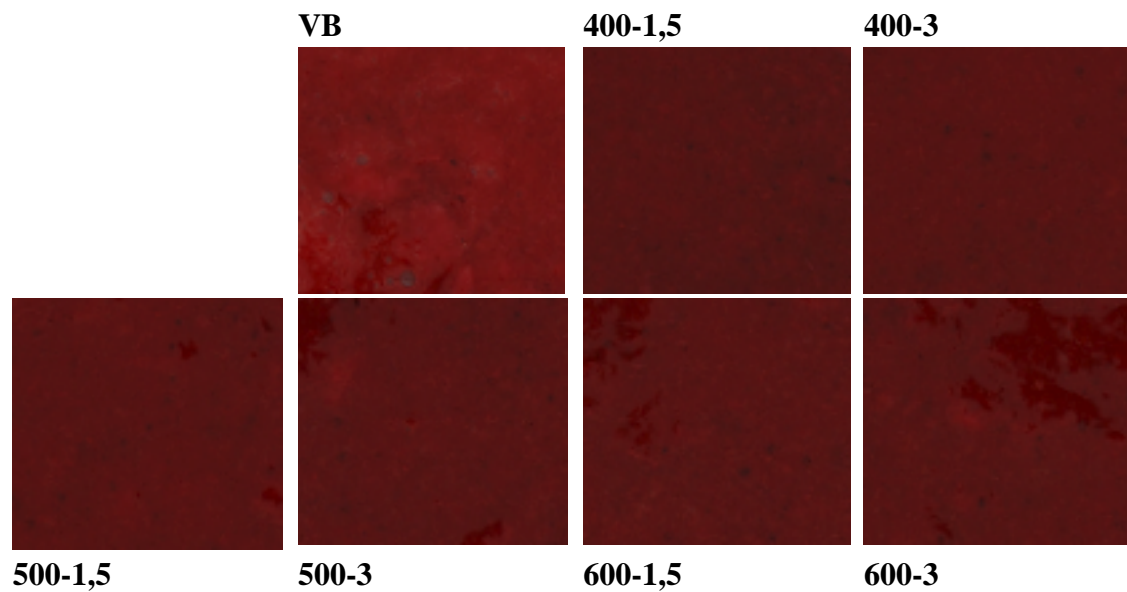
<sup>a</sup> Resultatene er basert på analyser av tre paralleller ( $n = 3$ ). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test er verdiene med ulik bokstaver er forskjellige ( $p \leq 0,05$ )

### Vedlegg 3

DigiEye-bilder av jordbærmos etter 0 og 35 dagers lagring.



**Figur I.** DigiEye-bilder mos dag 0, øverst fra venstre: kontroll, VB, 400-1,5, 400-3, 500-1,5, 500-3, 600-1,5, 600-3 (alle parallell 1)



**Figur II.** DigiEye-bilder mos dag 35, øverst fra venstre: VB, 400-1,5, 400-3, 500-1,5, 500-3, 600-1,5, 600-3 (alle parallell 1)



## Vedlegg 4

### Sensorikk mos: tabeller over gjennomsnitt, høyeste og laveste poeng gitt og standardavvik for hver egenskap pr. prøve

Fargestyrke 1 = Lys og 9 = Mørk	N	Missing	Min	Max	Mean	SD
Jordbærmasse dag 0 20/2	14	0	3	6.4	4.86	0.98
Varme 2 til sensorikk	14	0	3	7.8	5.09	1.33
Sensorikk 400	14	0	4.1	7	5.54	1.04
Sensorikk 500	14	0	3.8	7.4	5.9	1.04
Sensorikk 600	14	0	3.9	7	5.64	0.96
All	70	0	3	7.8	5.41	1.11

Farge renhet 1 = Klar rød og 9 = Brun/grå	N	Missing	Min	Max	Mean	SD
Jordbærmasse dag 0 20/2	14	0	1	5.4	3.03	1.25
Varme 2 til sensorikk	14	0	2	7.1	4.23	1.75
Sensorikk 400	14	0	2	5.9	3.83	1.09
Sensorikk 500	14	0	2.1	5.4	3.66	1.01
Sensorikk 600	14	0	2.9	5.5	3.99	0.98
All	70	0	1	7.1	3.75	1.28

Konsistens 1 = Tynn og 9 = Tykk	N	Missing	Min	Max	Mean	SD
Jordbærmasse dag 0 20/2	14	0	3	6	4.74	0.81
Varme 2 til sensorikk	14	0	3.8	5.8	5.02	0.47
Sensorikk 400	14	0	2	5	3.16	0.81
Sensorikk 500	14	0	2	5.4	3.56	0.84
Sensorikk 600	14	0	2.2	7.1	3.96	1.11
All	70	0	2	7.1	4.09	1.07

Bitmengde 1 = Ingen og 9 = Svært mange	N	Missing	Min	Max	Mean	SD
Jordbærmasse dag 0 20/2	14	0	1.8	5.9	4.29	1.16
Varme 2 til sensorikk	14	0	3	6	4.87	0.81
Sensorikk 400	14	0	2.1	4.9	4.01	0.71
Sensorikk 500	14	0	2	5.7	3.75	0.94
Sensorikk 600	14	0	2.8	6.1	4.06	0.94
All	70	0	1.8	6.1	4.2	0.97

Bitstørrelse 1 = Mos og 9 = Svært store	N	Missing	Min	Max	Mean	SD
Jordbærmasse dag 0 20/2	14	0	1.7	5.8	3.72	1.34
Varme 2 til sensorikk	14	0	2.6	5.1	3.96	0.89
Sensorikk 400	14	0	2.2	4.5	3.62	0.67
Sensorikk 500	14	0	1.8	6.5	3.51	1.26
Sensorikk 600	14	0	2.3	5.3	3.46	0.9
All	70	0	1.7	6.5	3.66	1.03

Jordbærlukt 1 = Ingen og 9 = Intens	N	Missing	Min	Max	Mean	SD
Jordbærmasse dag 0 20/2	14	0	3.8	7.7	5.84	1.1
Varme 2 til sensorikk	14	0	3.6	7.5	5.55	1.16
Sensorikk 400	14	0	2.2	7	4.26	1.36
Sensorikk 500	14	0	3	6.5	4.59	0.98
Sensorikk 600	14	0	3.8	6.2	4.97	0.88
All	70	0	2.2	7.7	5.04	1.22

Jordbærsmak, styrke 1 = Ingen og 9 = Intens	N	Missing	Min	Max	Mean	SD
Jordbærmasse dag 0 20/2	14	0	3	7.5	5.44	1.31
Varme 2 til sensorikk	14	0	3.2	7.4	5.15	1.34
Sensorikk 400	14	0	1.7	7.6	4.14	1.92
Sensorikk 500	14	0	2.2	6.5	4.45	1.27
Sensorikk 600	14	0	2.3	6.7	4.84	1.18
All	70	0	1.7	7.6	4.8	1.47

Jordbærsmak, typisk 1 = Utypisk og 9 = Typisk	N	Missing	Min	Max	Mean	SD
Jordbærmasse dag 0 20/2	14	0	3.8	7.9	5.84	1.14
Varme 2 til sensorikk	14	0	2.6	8.1	5.39	1.91
Sensorikk 400	14	0	1.7	6.3	3.54	1.47
Sensorikk 500	14	0	3	6.9	4.52	1.13
Sensorikk 600	14	0	3	6.9	4.89	1.22
All	70	0	1.7	8.1	4.83	1.58

Søthet 1 = Ingen og 9 = Intens	N	Missing	Min	Max	Mean	SD
Jordbærmasse dag 0 20/2	14	0	3	5.6	4.45	0.78
Varme 2 til sensorikk	14	0	3	5.6	4.2	0.95
Sensorikk 400	14	0	2.9	5.3	3.49	0.76
Sensorikk 500	14	0	3	4.4	3.59	0.46
Sensorikk 600	14	0	3	5.2	3.81	0.64
All	70	0	2.9	5.6	3.91	0.8

Syrlighet 1 = Ingen og 9 = Intens	N	Missing	Min	Max	Mean	SD
Jordbærmasse dag 0 20/2	14	0	1.7	7	4.63	1.25
Varme 2 til sensorikk	14	0	2.8	5.8	4.55	0.95
Sensorikk 400	14	0	3	7	5.15	1.32
Sensorikk 500	14	0	3.4	6.3	5.06	0.9
Sensorikk 600	14	0	3.9	6.6	5.22	0.8
All	70	0	1.7	7	4.92	1.07

Friskhet 1 = Ingen og 9 = Svært frisk	N	Missing	Min	Max	Mean	SD
Jordbærmasse dag 0 20/2	14	0	4	7	5.44	0.82
Varme 2 til sensorikk	14	0	2.5	6	4.73	1.06
Sensorikk 400	14	0	1.6	5	3.79	1.12
Sensorikk 500	14	0	3	5.8	4.21	0.76
Sensorikk 600	14	0	2.4	6.3	4.41	1.02
All	70	0	1.6	7	4.51	1.09

<b>Modenhet</b> 1 = Kartsmak og 9 = Overmoden	<b>N</b>	<b>Missing</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Mean</b>	<b>SD</b>
<b>Jordbærmasse dag 0 20/2</b>	14	0	1.1	5.2	4.29	1.19
<b>Varme 2 til sensorikk</b>	14	0	3.8	5.9	4.92	0.58
<b>Sensorikk 400</b>	14	0	1.8	8.3	4.89	2.11
<b>Sensorikk 500</b>	14	0	2.6	8	5.04	1.63
<b>Sensorikk 600</b>	14	0	2.8	8.4	5.14	1.41
<b>All</b>	70	0	1.1	8.4	4.86	1.46

<b>Oksidert smak</b> 1 = Ingen og 9 = Intens	<b>N</b>	<b>Missing</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Mean</b>	<b>SD</b>
<b>Jordbærmasse dag 0 20/2</b>	14	0	1	1.2	1.04	0.06
<b>Varme 2 til sensorikk</b>	14	0	1	2	1.14	0.26
<b>Sensorikk 400</b>	14	0	1	4.9	1.66	1.19
<b>Sensorikk 500</b>	14	0	1	3	1.39	0.63
<b>Sensorikk 600</b>	14	0	1	3	1.46	0.69
<b>All</b>	70	0	1	4.9	1.34	0.7

<b>Bismak</b> 1 = Ingen og 9 = Intens	<b>N</b>	<b>Missing</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Mean</b>	<b>SD</b>
<b>Jordbærmasse dag 0 20/2</b>	14	0	1	1.1	1.04	0.05
<b>Varme 2 til sensorikk</b>	14	0	1	1.1	1.05	0.05
<b>Sensorikk 400</b>	14	0	1	4	2.03	1.03
<b>Sensorikk 500</b>	14	0	1	3.1	1.47	0.61
<b>Sensorikk 600</b>	14	0	1	2.7	1.17	0.44
<b>All</b>	70	0	1	4	1.35	0.67

## Vedlegg 5

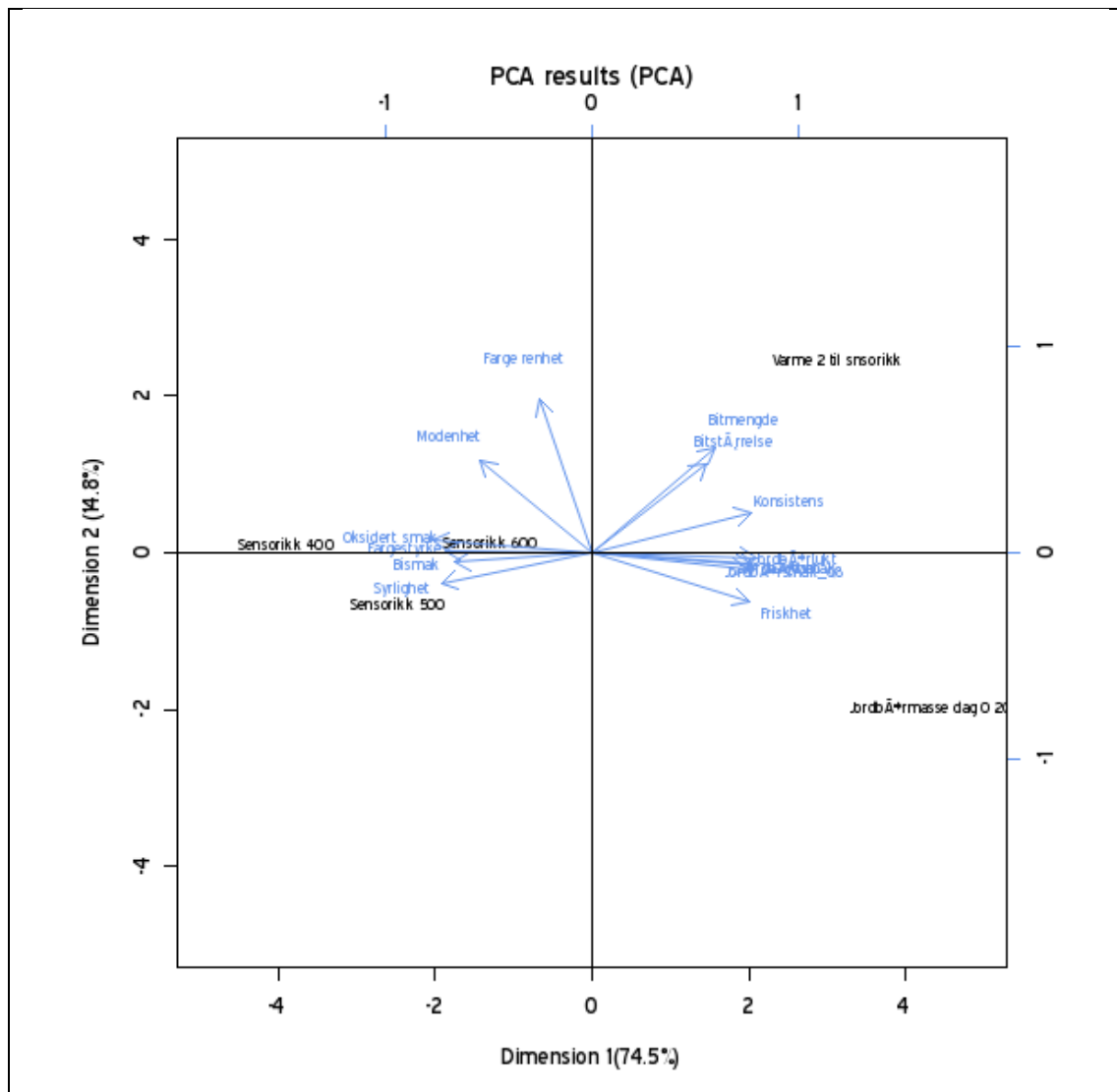
### Sensorisk profilering av jordbærmos – To-veis ANOVA med Tukeygruppering for alle egenskaper og prøver

Tabell V. Sensorisk profilering av kontrollmos (dag 0), varmebehandlet jordbærmos og trykkbehandlet mos (400, 500 og 600 MPa i 1,5 min) (dag 35) med To-veis ANOVA<sup>ab</sup>

	Kontroll D0	VB D35	400 MPa-1,5 min, D35	500 MPa-1,5 min, D35	600 MPa-1,5 min, D35
Fargestyrke	4.9	5.1	5.5 a'	5.9 A'-b	5.6 a
Farge renhet	3.0	4.2 A	3.8 a'	3.7	4.0 a
Konsistens	4.7 C'-D'-E	5.0 C'-D'-E'	3.2	3.6	4.0 C
Bitmengde	4.3	4.9 C-D'-e	4.0	3.8	4.1
Bitstørrelse	3.7	4.0	3.6	3.5	3.5
Jordbærduft	5.8 C'-D'-e'	5.6 C'-d	4.3	4.6	5.0
Jordbærsmak, styrke	5.4 C-d	5.2 c	4.1	4.5	4.8
Jordbærsmak, typisk	5.8 C'-D'-e	5.4 C'-d'	3.5	4.5 c	4.9 C'
Søthet	4.5 C'-D'-e'	4.2 c-d'	3.5	3.6	3.8
Syrlighet	4.6	4.6	5.2	5.1	5.2
Friskhet	5.4 C'-D'-E	4.7 c	3.8	4.2	4.4
Modenhet	4.3	4.9	4.9	5.0	5.1
Oksidert smak	1.0	1.1	1.7 A-b	1.4	1.5
Bismak	1.0	1.1	2.0 A'-B'-d-E'	1.5	1.2

<sup>a</sup>Resultatene er gjennomsnittverdier basert på 7 dommere. <sup>b</sup>Verdier i en rad med forskjellige bokstaver er ulike (med signifikansnivåer: A' < 99.9% ; A < 99% ; a < 95% ; a' < 90%).

## PCA-plott for sensorisk profilering av jordbærmos



**Figur III.** PCA-plott for sensorisk profilering av jordbærmos. Plottet viser kart over prøvene der prøver som ligger nær hverandre er likere enn prøver som ligger langt fra hverandre. Egenskapene er gjengitt som vektorer. En prøve som ligger i den retningen en vektor peker har mer av egenskapen vektoren representerer enn en prøve som ligger i en annen retning.

## Vedlegg 7

### Tofaktor- og trefaktorsamspill for trykkbehandlet jordbærmos

**Tabell VI.** Tofaktorsamspill med trykk og tid for trykkbehandlet jordbærmos<sup>ab</sup>

Samspill		Egenskaper										
Trykk	Tid	PPO	TMA	pH	Brix	L*	Hue	Chroma	AF	Tot-AA	L-AA	DHAA
400	1,5	12,8 a	10,8 a	3,2 a	8,3 b	18,1 a	31,2 a	31,0 a	0,9 a	6,9 a	0,6 a	6,3 a
400	3	12,2 ab	10,8 a	3,2 a	8,4 ab	18,9 a	30,2 a	30,9 a	0,9 a	6,1 a	1,1 a	5,0 a
500	1,5	12,0 ab	10,7 a	3,2 a	8,3 ab	18,8 a	30,3 a	31,4 a	0,9 a	5,5 a	0,3 a	5,2 a
500	3	11,1 bc	11,0 a	3,2 a	8,4 ab	18,3 a	31,2 a	31,4 a	0,9 a	6,9 a	1,7 a	5,2 a
600	1,5	11,0 bc	10,8 a	3,2 a	8,6 ab	18,0 a	31,4 a	30,7 a	0,8 a	5,9 a	1,2 a	4,7 a
600	3	10,3 c	10,5 a	3,2 a	8,6 a	18,3 a	31,6 a	31,3 a	0,8 a	6,0 a	1,6 a	4,4 a

<sup>a</sup> Resultatene er gitt som gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller (n = 3). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test der verdiene i en kolonne med ulik bokstaver er forskjellige (p ≤ 0,05)

**Tabell VII.** Tofaktorsamspill med tid og lagringstid for trykkbehandlet jordbærmos<sup>ab</sup>

Samspill		Egenskaper										
Tid	L-tid	PPO	TMA	pH	Brix	L*	Hue	Chroma	AF	Tot-AA	L-AA	DHAA
1,5	0	8,7 d	15,5 a	3,3 a	8,2 c	19,8 a	32,3 a	33,7 a	0,9 a	15,3 a	2,1 b	13,2 a
3	0	8,2 d	15,4 a	3,3 a	8,2 bc	19,5 a	32,1 a	33,6 a	0,9 a	15,8 a	4,3 a	11,5 b
1,5	14	9,8 d	11,2 b	3,2 b	8,7 ab	18,6 a	31,3 ab	32,1 b	0,9 a	2,9 b	0,0 c	2,9 c
3	14	9,4 d	11,5 b	3,2 b	8,6 abc	18,5 a	31,4 ab	32,2 b	0,9 a	3,2 b	0,0 c	3,2 c
1,5	35	13,6 b	8,7 cd	3,2 c	8,3 abc	16,3 b	31,5 ab	29,0 c	0,8 c	0,1 c	-0,0 c	0,1 d
3	35	11,6 c	8,8 c	3,2 c	8,5 abc	17,1 b	30,6 abc	29,2 c	0,8 bc	0,0 c	-0,0 c	0,0 d
1,5	49	15,8 a	7,7 cd	3,1 d	8,4 abc	18,6 a	28,7 c	29,4 c	0,9 ab	*	*	*
3	49	15,4 a	7,3 d	3,1 d	8,7 a	18,9 a	29,9 bc	29,8 c	0,9 ab	*	*	*

<sup>a</sup> Resultatene er gitt som gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller (n = 3). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test der verdiene i en kolonne med ulik bokstaver er forskjellige (p ≤ 0,05)

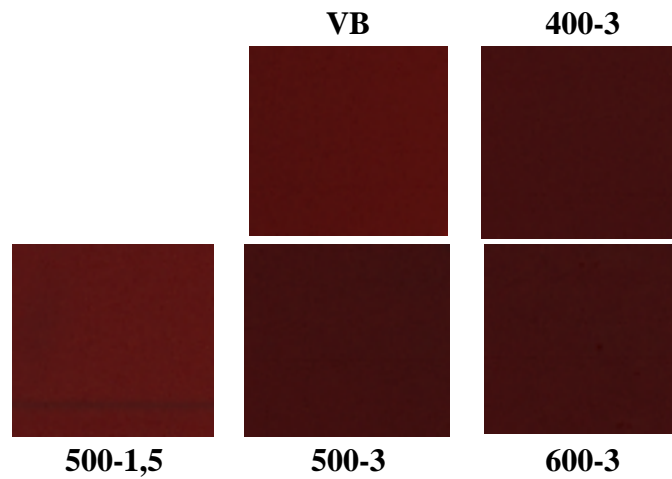
**Tabell VIII.** Trefaktorsamspill med trykk, tid og lagringstid for trykkbehandlet jordbærmos<sup>ab</sup>

Samspill			Egenskaper										
Trykk	Tid	L-tid	PPO	TMA	pH	Brix	L*	Hue	Chroma	AF	Tot-AA	L-AA	DHAA
400	1,5	0	9,6 de	15,0 ab	3,3 a	8,3 a	19,7 a	32,3 a	33,6 a	0,9 ab	16,4 ab	1,8 abc	14,5 a
400	3	0	8,9 de	15,7 a	3,3 a	8,3 a	19 ab	32,3 a	33,1 a	0,9 ab	12,6 ab	3,3 abc	9,3 b
400	1,5	14	10,2 cde	10,8 cde	3,2 b	8,7 a	18,5 abcd	31,2 ab	31,8 abcde	0,9 ab	4,0 cd	0,0 c	4 c
400	3	14	10,8 bcd	11,6 cd	3,2 b	8,7 a	18,5 abcd	31,4 ab	32,1 abcd	0,9 ab	5,7 c	0,0 c	5,7 c
400	1,5	35	15,9 a	9,1 cdefg	3,2 cd	8,0 a	16 cde	31,4 ab	29,4 defg	0,8 bc	0,4 d	-0,0 c	0,4 d
400	3	35	13,2 abc	8,4 efg	3,2 de	8,3 a	19,1 ab	28 bc	28,9 fg	0,9 a	0,1 d	-0,0 c	0,1 d
400	1,5	49	15,7 a	8,4 efg	3,1 efg	8,1 a	18,1 abcd	29,8 abc	29,4 defg	0,9 ab			
400	3	49	15,9 a	7,3 g	3,1 efg	8,5 a	18,9 abc	29,2 abc	29,6 defg	0,9 ab			
500	1,5	0	8,4 de	16,1 a	3,3 a	8,0 a	19,7 a	32,4 a	34 a	0,9 ab	12,4 b	1,0 bc	11,5 ab
500	3	0	8,8 de	15,5 a	3,3 a	8,1 a	19,7 a	31,9 ab	33,9 a	0,9 a	17,5 a	5,0 a	12,5 ab
500	1,5	14	10,3 cd	10,7 cdef	3,3 b	8,6 a	19,1 ab	31,4 ab	32,8 ab	0,9 ab	4,1 cd	-0,0 c	4,1 c
500	3	14	9,0 de	11,8 bcd	3,2 bc	8,4 a	18,1 abcd	31,8 ab	32 abcde	0,9 ab	3,0 cd	0,0 c	3,1 cd
500	1,5	35	13,9 ab	8,3 efg	3,2 de	8,2 a	17,6 abcde	30,9 ab	29,2 efg	0,8 abc	0,0 d	-0,0 c	0 d
500	3	35	11,1 bcd	9,0 cdefg	3,2 def	8,6 a	16,5 bcde	31,2 ab	29,9 cdefg	0,8 abc	-0,0 d	-0,0 c	-0,0 d
500	1,5	49	15,5 a	7,6 fg	3,1 efg	8,4 a	18,9 abc	26,4 c	29,6 defg	0,9 ab			
500	3	49	15,4 a	7,5 fg	3,1 fg	8,7 a	18,8 abc	29,9 abc	29,7 cdefg	0,9 ab			
600	1,5	0	8,3 de	15,4 a	3,3 a	8,2 a	20 a	32,2 a	33,6 a	0,9 ab	17,1 a	3,6 ab	13,5 a
600	3	0	7,0 e	14,9 ab	3,3 a	8,3 a	19,7 a	32,2 a	33,7 a	0,9 ab	17,4 a	4,7 a	12,6 ab
600	1,5	14	8,7 de	12,0 bc	3,2 b	8,6 a	18,1 abcd	31,3 ab	31,5 abcdefg	0,9 ab	0,5 d	-0,0 c	0,5 d
600	3	14	8,5 de	11,0 cde	3,2 b	8,7 a	19,1 ab	31,1 ab	32,5 abc	0,9 ab	0,7 d	0,0 c	0,7 d
600	1,5	35	11,1 bcd	8,8 defg	3,2 cd	8,6 a	15,1 e	32,1 a	28,4 g	0,8 c	-0,0 d	-0,0 c	-0,0 d
600	3	35	10,6 bcd	9,0 cdefg	3,2 cd	8,6 a	15,6 de	32,5 a	28,8 fg	0,7 c	-0,0 d	-0,0 c	-0,0 d
600	1,5	49	16,0 a	7,2 g	3,1 efg	8,8 a	18,9 abc	29,9 abc	29,2 efg	0,8 abc			
600	3	49	15,0 a	7,2 g	3,1 g	8,9 a	18,9 abc	30,7 ab	30 bcdefg	0,8 abc			

<sup>a</sup> Resultatene er gitt som gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller (n = 3). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test der verdiene i en kolonne med ulike bokstaver er forskjellige (p ≤ 0,05)

## Vedlegg 8

### DigiEye-bilder av jordbærjuice etter 35 dagers lagring



**Figur IV.** DigiEye-bilder juice dag 35, øverst fra venstre: VB, 400-3, 500-1,5, 500-3 og 600-3 (parallell 1)



## Vedlegg 9

### Sensorisk profilering av jordbærjuice: ANOVA General Linear Model rådata

#### General Linear Model: Fargestyrke; Farge renhet; ... versus Dommer; Prøve

Factor	Type	Levels	Values
Dommer	fixed	7	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7
Prøve	fixed	5	1; 2; 3; 4; 5

Analysis of Variance for Fargestyrke, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Dommer	6	28,0457	28,0457	4,6743	8,03	0,000
Prøve	4	38,1629	38,1629	9,5407	16,38	0,000
Error	24	13,9771	13,9771	0,5824		
Total	34	80,1857				

S = 0,763139 R-Sq = 82,57% R-Sq(adj) = 75,31%

Analysis of Variance for Farge renhet, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Dommer	6	48,0600	48,0600	8,0100	8,75	0,000
Prøve	4	27,3097	27,3097	6,8274	7,46	0,000
Error	24	21,9743	21,9743	0,9156		
Total	34	97,3440				

S = 0,956867 R-Sq = 77,43% R-Sq(adj) = 68,02%

Unusual Observations for Farge renhet

Obs	renhet	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
11	7,50000	5,61714	0,53643	1,88286	2,38 R
32	2,90000	5,10286	0,53643	-2,20286	-2,78 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Analysis of Variance for Konsistens, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Dommer	6	33,8909	33,8909	5,6485	11,70	0,000
Prøve	4	28,7326	28,7326	7,1831	14,88	0,000
Error	24	11,5834	11,5834	0,4826		
Total	34	74,2069				

S = 0,694725 R-Sq = 84,39% R-Sq(adj) = 77,89%

Unusual Observations for Konsistens

Obs	Konsistens	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
34	4,00000	5,36286	0,38947	-1,36286	-2,37 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Analysis of Variance for Fruktkjøtt, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Dommer	6	7,6537	7,6537	1,2756	1,61	0,188
Prøve	4	74,5640	74,5640	18,6410	23,51	0,000
Error	24	19,0320	19,0320	0,7930		
Total	34	101,2497				

S = 0,890505 R-Sq = 81,20% R-Sq(adj) = 73,37%

Unusual Observations for Fruktkjøtt

Obs	Fruktkjøtt	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
29	3,50000	5,52286	0,49923	-2,02286	-2,74 R
35	8,00000	6,50286	0,49923	1,49714	2,03 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Analysis of Variance for Jordbærlykt, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Dommer	6	23,7697	23,7697	3,9616	4,18	0,005
Prøve	4	6,0097	6,0097	1,5024	1,59	0,210
Error	24	22,7303	22,7303	0,9471		
Total	34	52,5097				

S = 0,973188 R-Sq = 56,71% R-Sq(adj) = 38,68%

Unusual Observations for Jordbærlykt

Obs	Jordbærlykt	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
11	4,50000	6,28857	0,54558	-1,78857	-2,22 R
14	6,00000	4,16857	0,54558	1,83143	2,27 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Analysis of Variance for Jordbærsmak styrke, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Dommer	6	24,6549	24,6549	4,1091	4,18	0,005
Prøve	4	10,4040	10,4040	2,6010	2,64	0,058
Error	24	23,6080	23,6080	0,9837		
Total	34	58,6669				

S = 0,991800 R-Sq = 59,76% R-Sq(adj) = 42,99%

Unusual Observations for Jordbærsmak styrke

Jordbærsmak		Fit	SE Fit	Residual	St Resid
Obs	styrke				
25	2,90000	4,58000	0,55601	-1,68000	-2,05 R
32	6,70000	4,48000	0,55601	2,22000	2,70 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Analysis of Variance for Jordbærsmak typisk, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Dommer	6	40,234	40,234	6,706	5,44	0,001
Prøve	4	21,206	21,206	5,301	4,30	0,009
Error	24	29,566	29,566	1,232		
Total	34	91,006				

S = 1,10992 R-Sq = 67,51% R-Sq(adj) = 53,97%

Unusual Observations for Jordbærsmak typisk

Jordbærsmak		Fit	SE Fit	Residual	St Resid
Obs	typisk				
11	1,00000	3,42857	0,62224	-2,42857	-2,64 R
14	6,50000	4,50857	0,62224	1,99143	2,17 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Analysis of Variance for Søthet, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
--------	----	--------	--------	--------	---	---

Dommer	6	36,8400	36,8400	6,1400	6,22	0,000
Prøve	4	2,6429	2,6429	0,6607	0,67	0,620
Error	24	23,6971	23,6971	0,9874		
Total	34	63,1800				

S = 0,993670    R-Sq = 62,49%    R-Sq(adj) = 46,86%

Unusual Observations for Søthet

Obs	Søthet	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
7	4,00000	6,03429	0,55706	-2,03429	-2,47 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Analysis of Variance for Syrlighet, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Dommer	6	24,4189	24,4189	4,0698	5,32	0,001
Prøve	4	2,5674	2,5674	0,6419	0,84	0,514
Error	24	18,3726	18,3726	0,7655		
Total	34	45,3589				

S = 0,874942    R-Sq = 59,50%    R-Sq(adj) = 42,62%

Unusual Observations for Syrlighet

Obs	Syrlighet	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
7	7,00000	5,20857	0,49050	1,79143	2,47 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Analysis of Variance for Friskhet, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Dommer	6	18,959	18,959	3,160	2,62	0,042
Prøve	4	12,145	12,145	3,036	2,52	0,068
Error	24	28,935	28,935	1,206		
Total	34	60,039				

S = 1,09802    R-Sq = 51,81%    R-Sq(adj) = 31,72%

Unusual Observations for Friskhet

Obs	Friskhet	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
11	1,70000	4,36000	0,61556	-2,66000	-2,93 R
15	3,00000	5,00571	0,61556	-2,00571	-2,21 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Analysis of Variance for Modenhet, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Dommer	6	1,7697	1,7697	0,2950	0,58	0,742
Prøve	4	3,5543	3,5543	0,8886	1,75	0,172
Error	24	12,2017	12,2017	0,5084		
Total	34	17,5257				

S = 0,713025    R-Sq = 30,38%    R-Sq(adj) = 1,37%

Unusual Observations for Modenhet

Obs	Modenhet	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
17	4,00000	5,30000	0,39973	-1,30000	-2,20 R
33	3,00000	4,54857	0,39973	-1,54857	-2,62 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Analysis of Variance for Oksidert, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Dommer	6	4,3457	4,3457	0,7243	2,36	0,062
Prøve	4	0,8989	0,8989	0,2247	0,73	0,578
Error	24	7,3571	7,3571	0,3065		
Total	34	12,6017				

S = 0,553667 R-Sq = 41,62% R-Sq(adj) = 17,29%

Unusual Observations for Oksidert

Obs	Oksidert	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
11	3,00000	1,58571	0,31039	1,41429	3,08 R
15	3,00000	1,58571	0,31039	1,41429	3,08 R
24	3,00000	2,02286	0,31039	0,97714	2,13 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Analysis of Variance for Bismak, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Dommer	6	8,8514	8,8514	1,4752	3,99	0,007
Prøve	4	1,0326	1,0326	0,2581	0,70	0,601
Error	24	8,8714	8,8714	0,3696		
Total	34	18,7554				

S = 0,607983 R-Sq = 52,70% R-Sq(adj) = 32,99%

Unusual Observations for Bismak

Obs	Bismak	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
7	1,10000	2,14571	0,34084	-1,04571	-2,08 R
11	3,00000	1,57714	0,34084	1,42286	2,83 R
14	1,00000	2,41714	0,34084	-1,41714	-2,81 R
35	4,00000	2,68857	0,34084	1,31143	2,60 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Tukey Simultaneous Tests

Response Variable Fargestyrke

All Pairwise Comparisons among Levels of Prøve

Prøve = 1 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
2	2,186	0,4079	5,358	0,0002
3	3,000	0,4079	7,354	0,0000
4	2,557	0,4079	6,269	0,0000
5	2,329	0,4079	5,708	0,0001

Prøve = 2 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
3	0,8143	0,4079	1,9962	0,2979
4	0,3714	0,4079	0,9106	0,8900
5	0,1429	0,4079	0,3502	0,9965

Prøve = 3 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
4	-0,4429	0,4079	-1,086	0,8121
5	-0,6714	0,4079	-1,646	0,4842

Prøve = 4 subtracted from:

	Difference	SE of	Adjusted
--	------------	-------	----------

Prøve	of Means	Difference	T-Value	P-Value
5	-0,2286	0,4079	-0,5603	0,9795

Tukey Simultaneous Tests

Response Variable Farge renhet

All Pairwise Comparisons among Levels of Prøve

Prøve = 1 subtracted from:

Prøve	of Means	Difference	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
2	2,343	0,5115	0,5115	4,581	0,0011
3	2,343	0,5115	0,5115	4,581	0,0011
4	2,114	0,5115	0,5115	4,134	0,0032
5	1,829	0,5115	0,5115	3,575	0,0121

Prøve = 2 subtracted from:

Prøve	of Means	Difference	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
3	-0,0000	0,5115	0,5115	-0,000	1,0000
4	-0,2286	0,5115	0,5115	-0,447	0,9912
5	-0,5143	0,5115	0,5115	-1,006	0,8503

Prøve = 3 subtracted from:

Prøve	of Means	Difference	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
4	-0,2286	0,5115	0,5115	-0,447	0,9912
5	-0,5143	0,5115	0,5115	-1,006	0,8503

Prøve = 4 subtracted from:

Prøve	of Means	Difference	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
5	-0,2857	0,5115	0,5115	-0,5586	0,9798

Tukey Simultaneous Tests

Response Variable Konsistens

All Pairwise Comparisons among Levels of Prøve

Prøve = 1 subtracted from:

Prøve	of Means	Difference	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
2	0,3714	0,3713	0,3713	1,0002	0,8527
3	-0,1143	0,3713	0,3713	-0,3078	0,9979
4	0,0286	0,3713	0,3713	0,0769	1,0000
5	2,3000	0,3713	0,3713	6,1937	0,0000

Prøve = 2 subtracted from:

Prøve	of Means	Difference	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
3	-0,4857	0,3713	0,3713	-1,308	0,6890
4	-0,3429	0,3713	0,3713	-0,923	0,8851
5	1,9286	0,3713	0,3713	5,193	0,0002

Prøve = 3 subtracted from:

Prøve	of Means	Difference	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
4	0,1429	0,3713	0,3713	0,3847	0,9950
5	2,4143	0,3713	0,3713	6,5014	0,0000

Prøve = 4 subtracted from:

Prøve	of Means	Difference	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
5	2,271	0,3713	0,3713	6,117	0,0000

Tukey Simultaneous Tests  
 Response Variable Fruktkjøtt  
 All Pairwise Comparisons among Levels of Prøve  
 Prøve = 1 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
2	-0,0714	0,4760	-0,1501	0,9999
3	-0,3429	0,4760	-0,7203	0,9497
4	0,1286	0,4760	0,2701	0,9987
5	3,5571	0,4760	7,4731	0,0000

Prøve = 2 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
3	-0,2714	0,4760	-0,5702	0,9782
4	0,2000	0,4760	0,4202	0,9930
5	3,6286	0,4760	7,6231	0,0000

Prøve = 3 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
4	0,4714	0,4760	0,9904	0,8570
5	3,9000	0,4760	8,1934	0,0000

Prøve = 4 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
5	3,429	0,4760	7,203	0,0000

Tukey Simultaneous Tests  
 Response Variable Jordbærlukt  
 All Pairwise Comparisons among Levels of Prøve  
 Prøve = 1 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
2	-0,443	0,5202	-0,851	0,9115
3	-1,043	0,5202	-2,005	0,2939
4	-0,143	0,5202	-0,275	0,9987
5	-0,929	0,5202	-1,785	0,4048

Prøve = 2 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
3	-0,6000	0,5202	-1,153	0,7768
4	0,3000	0,5202	0,577	0,9773
5	-0,4857	0,5202	-0,934	0,8809

Prøve = 3 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
4	0,9000	0,5202	1,7301	0,4354
5	0,1143	0,5202	0,2197	0,9994

Prøve = 4 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
5	-0,7857	0,5202	-1,510	0,5660

Tukey Simultaneous Tests

Response Variable Jordbærsmak styrke  
 All Pairwise Comparisons among Levels of Prøve  
 Prøve = 1 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
2	-1,043	0,5301	-1,967	0,3114
3	-1,514	0,5301	-2,856	0,0605
4	-1,286	0,5301	-2,425	0,1428
5	-1,386	0,5301	-2,614	0,0993

Prøve = 2 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
3	-0,4714	0,5301	-0,8893	0,8981
4	-0,2429	0,5301	-0,4581	0,9903
5	-0,3429	0,5301	-0,6467	0,9656

Prøve = 3 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
4	0,2286	0,5301	0,4312	0,9923
5	0,1286	0,5301	0,2425	0,9992

Prøve = 4 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
5	-0,1000	0,5301	-0,1886	0,9997

Tukey Simultaneous Tests  
 Response Variable Jordbærsmak typisk  
 All Pairwise Comparisons among Levels of Prøve  
 Prøve = 1 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
2	-1,771	0,5933	-2,986	0,0459
3	-2,114	0,5933	-3,564	0,0124
4	-1,543	0,5933	-2,601	0,1020
5	-2,071	0,5933	-3,491	0,0147

Prøve = 2 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
3	-0,3429	0,5933	-0,5779	0,9771
4	0,2286	0,5933	0,3853	0,9950
5	-0,3000	0,5933	-0,5057	0,9860

Prøve = 3 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
4	0,57143	0,5933	0,96317	0,8688
5	0,04286	0,5933	0,07224	1,0000

Prøve = 4 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
5	-0,5286	0,5933	-0,8909	0,8975

Tukey Simultaneous Tests  
 Response Variable Søthet  
 All Pairwise Comparisons among Levels of Prøve

Prøve = 1 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
2	-0,1714	0,5311	-0,323	0,9975
3	-0,7714	0,5311	-1,452	0,6015
4	-0,1571	0,5311	-0,296	0,9982
5	-0,4714	0,5311	-0,888	0,8987

Prøve = 2 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
3	-0,6000	0,5311	-1,130	0,7895
4	0,0143	0,5311	0,027	1,0000
5	-0,3000	0,5311	-0,565	0,9789

Prøve = 3 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
4	0,6143	0,5311	1,1565	0,7752
5	0,3000	0,5311	0,5648	0,9789

Prøve = 4 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
5	-0,3143	0,5311	-0,5917	0,9750

Tukey Simultaneous Tests

Response Variable Syrlighet

All Pairwise Comparisons among Levels of Prøve

Prøve = 1 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
2	0,5857	0,4677	1,2524	0,7216
3	0,6000	0,4677	1,2829	0,7038
4	0,1286	0,4677	0,2749	0,9987
5	0,6429	0,4677	1,3746	0,6490

Prøve = 2 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
3	0,0143	0,4677	0,0305	1,0000
4	-0,4571	0,4677	-0,9775	0,8627
5	0,0571	0,4677	0,1222	0,9999

Prøve = 3 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
4	-0,4714	0,4677	-1,008	0,8491
5	0,0429	0,4677	0,092	1,0000

Prøve = 4 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
5	0,5143	0,4677	1,100	0,8050

Tukey Simultaneous Tests

Response Variable Friskhet

All Pairwise Comparisons among Levels of Prøve

Prøve = 1 subtracted from:



Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
2	-1,786	0,5869	-3,043	0,0406
3	-1,300	0,5869	-2,215	0,2083
4	-0,857	0,5869	-1,460	0,5966
5	-1,086	0,5869	-1,850	0,3700

Prøve = 2 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
3	0,4857	0,5869	0,8276	0,9194
4	0,9286	0,5869	1,5821	0,5224
5	0,7000	0,5869	1,1927	0,7554

Prøve = 3 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
4	0,4429	0,5869	0,7546	0,9410
5	0,2143	0,5869	0,3651	0,9959

Prøve = 4 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
5	-0,2286	0,5869	-0,3894	0,9948

#### Tukey Simultaneous Tests

Response Variable Modenhet

All Pairwise Comparisons among Levels of Prøve

Prøve = 1 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
2	0,6714	0,3811	1,7617	0,4177
3	0,2714	0,3811	0,7122	0,9517
4	0,8143	0,3811	2,1365	0,2379
5	0,1000	0,3811	0,2624	0,9989

Prøve = 2 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
3	-0,4000	0,3811	-1,050	0,8298
4	0,1429	0,3811	0,375	0,9955
5	-0,5714	0,3811	-1,499	0,5728

Prøve = 3 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
4	0,5429	0,3811	1,4243	0,6187
5	-0,1714	0,3811	-0,4498	0,9910

Prøve = 4 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
5	-0,7143	0,3811	-1,874	0,3574

#### Tukey Simultaneous Tests

Response Variable Oksidert

All Pairwise Comparisons among Levels of Prøve

Prøve = 1 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
-------	---------------------	------------------	---------	------------------

2	0,4143	0,2959	1,3999	0,6336
3	0,4143	0,2959	1,3999	0,6336
4	0,2714	0,2959	0,9172	0,8875
5	0,1429	0,2959	0,4827	0,9882

Prøve = 2 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
3	0,0000	0,2959	0,0000	1,0000
4	-0,1429	0,2959	-0,4827	0,9882
5	-0,2714	0,2959	-0,9172	0,8875

Prøve = 3 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
4	-0,1429	0,2959	-0,4827	0,9882
5	-0,2714	0,2959	-0,9172	0,8875

Prøve = 4 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
5	-0,1286	0,2959	-0,4344	0,9921

Tukey Simultaneous Tests

Response Variable Bismak

All Pairwise Comparisons among Levels of Prøve

Prøve = 1 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
2	0,2714	0,3250	0,8352	0,9169
3	0,2714	0,3250	0,8352	0,9169
4	0,2857	0,3250	0,8792	0,9018
5	0,5429	0,3250	1,6704	0,4698

Prøve = 2 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
3	-0,000000	0,3250	-0,000000	1,0000
4	0,014286	0,3250	0,043959	1,0000
5	0,271429	0,3250	0,835215	0,9169

Prøve = 3 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
4	0,01429	0,3250	0,04396	1,0000
5	0,27143	0,3250	0,83522	0,9169

Prøve = 4 subtracted from:

Prøve	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
5	0,2571	0,3250	0,7913	0,9307

## Vedlegg 10

### Sensorikk juice: tabeller over gjennomsnitt, høyeste og laveste poeng gitt og standardavvik for hver enkelt egenskap pr. prøve

Fargestyrke 1 = Lys og 9 = Mørk	N	Missing	Min	Max	Mean	SD
Kontroll	7	0	2	6	4.14	1.21
Varmebehandlet	7	0	4	7.7	6.33	1.25
Sensorikk 400	7	0	6	8	7.14	0.69
Sensorikk 500	7	0	3.9	9	6.7	1.74
Sensorikk 600	7	0	5.9	7.5	6.47	0.67
All	35	0	2	9	6.16	1.54

Farge renhet 1 = Klar rød og 9 = Brun/grå	N	Missing	Min	Max	Mean	SD
Kontroll	7	0	1	3	2.01	0.79
Varmebehandlet	7	0	1.9	7.5	4.36	2.02
Sensorikk 400	7	0	2	6	4.36	1.41
Sensorikk 500	7	0	1	6.1	4.13	1.78
Sensorikk 600	7	0	2	6	3.84	1.36
All	35	0	1	7.5	3.74	1.69

Konsistens 1 = Tynn og 9 = Tykk	N	Missing	Min	Max	Mean	SD
Kontroll	7	0	2.1	6	3.76	1.35
Varmebehandlet	7	0	2	5	4.13	1.07
Sensorikk 400	7	0	2	5	3.64	1.31
Sensorikk 500	7	0	2	5	3.79	1.29
Sensorikk 600	7	0	4	7	6.06	1.11
All	35	0	2	7	4.27	1.48

Fruktkjøtt 1 = Ingenting og 9 = Svært mye	N	Missing	Min	Max	Mean	SD
Kontroll	7	0	1.5	3	2.23	0.54
Varmebehandlet	7	0	1.4	3	2.16	0.57
Sensorikk 400	7	0	1	3	1.89	0.6
Sensorikk 500	7	0	1.5	3.5	2.36	0.8
Sensorikk 600	7	0	3.5	8	5.79	1.68
All	35	0	1	8	2.88	1.73

Jordbærlukt 1 = Ingen og 9 = Intens	N	Missing	Min	Max	Mean	SD
Kontroll	7	0	5	7	5.93	0.61
Varmebehandlet	7	0	3.9	7	5.49	1.07
Sensorikk 400	7	0	2.5	7	4.89	1.61
Sensorikk 500	7	0	4	7	5.79	1.15
Sensorikk 600	7	0	3	7	5	1.53
All	35	0	2.5	7	5.42	1.24

Jordbærsmak, styrke 1 = Ingen og 9 = Intens	N	Missing	Min	Max	Mean	SD
Kontroll	7	0	4.5	6.8	6.1	0.87
Varmebehandlet	7	0	3.3	6.8	5.06	1.38
Sensorikk 400	7	0	3.4	6.8	4.59	1.24
Sensorikk 500	7	0	2.9	6.2	4.81	1.08
Sensorikk 600	7	0	2.8	6.7	4.71	1.64
All	35	0	2.8	6.8	5.05	1.31

Jordbærsmak, typisk 1 = Utypisk og 9 = Typisk	N	Missing	Min	Max	Mean	SD
Kontroll	7	0	6	8	6.86	0.69
Varmebehandlet	7	0	1	7	5.09	2.27
Sensorikk 400	7	0	2.2	7	4.74	1.55
Sensorikk 500	7	0	3.4	7	5.31	1.28
Sensorikk 600	7	0	3	7	4.79	1.41
All	35	0	1	8	5.36	1.64

Søthet 1 = Ingen og 9 = Intens	N	Missing	Min	Max	Mean	SD
Kontroll	7	0	3	6	4.41	0.98
Varmebehandlet	7	0	1.9	5.8	4.24	1.37
Sensorikk 400	7	0	2	6	3.64	1.4
Sensorikk 500	7	0	2	6.6	4.26	1.73
Sensorikk 600	7	0	2.1	7	3.94	1.51
All	35	0	1.9	7	4.1	1.36

Syrlighet 1 = Ingen og 9 = Intens	N	Missing	Min	Max	Mean	SD
Kontroll	7	0	4	7	5.21	0.99
Varmebehandlet	7	0	4.4	7	5.8	1.15
Sensorikk 400	7	0	4.7	7	5.81	1.11
Sensorikk 500	7	0	3.9	8	5.34	1.56
Sensorikk 600	7	0	5	8	5.86	1.07
All	35	0	3.9	8	5.61	1.16

Friskhet 1 = Svært lite frisk og 9 = Svært frisk	N	Missing	Min	Max	Mean	SD
Kontroll	7	0	6	6.5	6.17	0.23
Varmebehandlet	7	0	1.7	7	4.39	1.7
Sensorikk 400	7	0	3	7	4.87	1.26
Sensorikk 500	7	0	4	7	5.31	1.28
Sensorikk 600	7	0	3.4	7	5.09	1.35
All	35	0	1.7	7	5.17	1.33

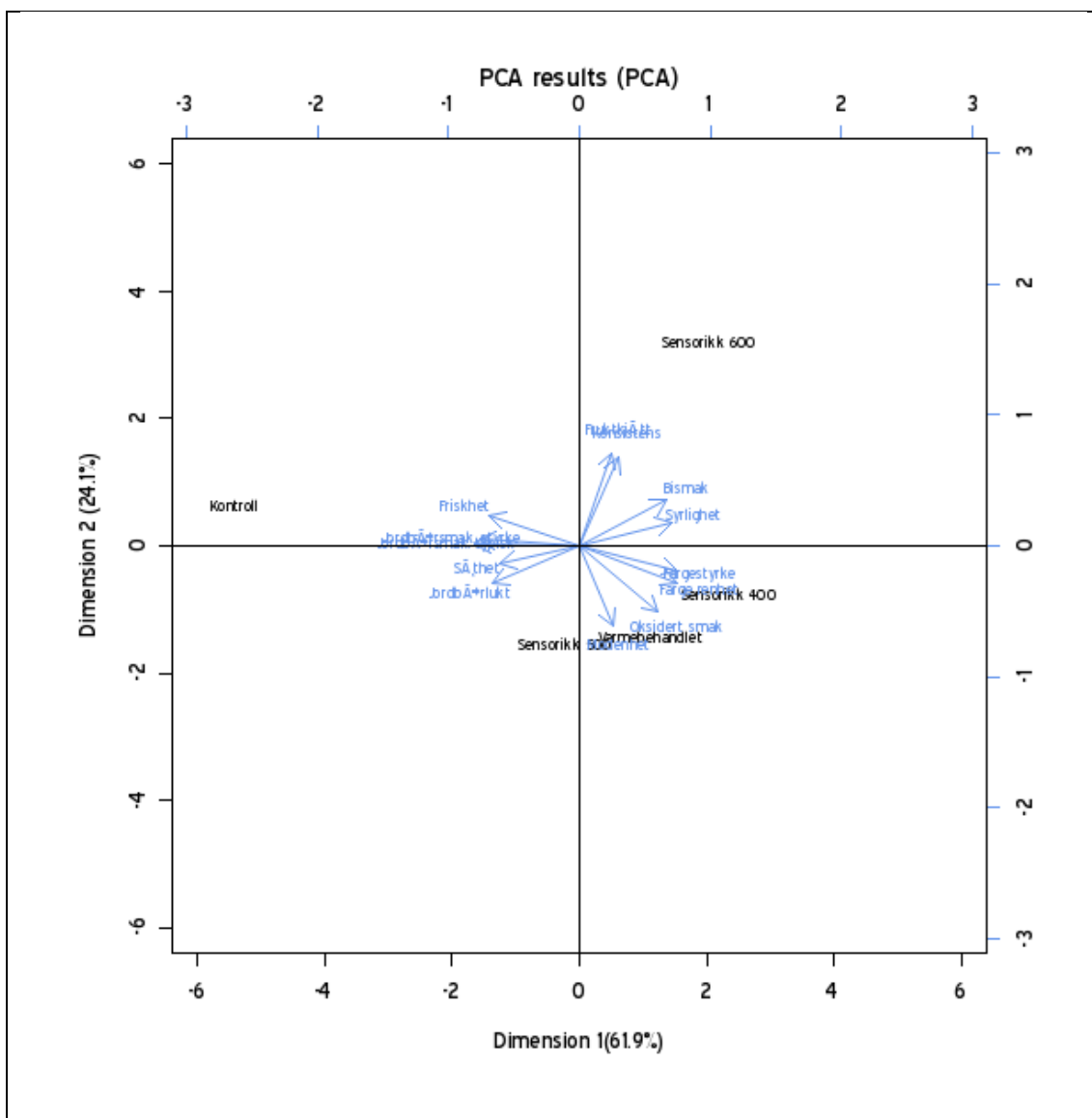
Modenhets 1 = Kartsmaak og 9 = Overmoden	N	Missing	Min	Max	Mean	SD
Kontroll	7	0	3.9	5.5	4.77	0.59
Varmebehandlet	7	0	5	6	5.44	0.52
Sensorikk 400	7	0	4	6	5.04	0.59
Sensorikk 500	7	0	5	6.1	5.59	0.55
Sensorikk 600	7	0	3	6	4.87	1.03
All	35	0	3	6.1	5.14	0.72

<b>Oksidert smak</b> 1 = Ingen og 9 = Intens	<b>N</b>	<b>Missing</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Mean</b>	<b>SD</b>
<b>Kontroll</b>	7	0	1	1.1	1.01	0.04
<b>Varmebehandlet</b>	7	0	1	3	1.43	0.79
<b>Sensorikk 400</b>	7	0	1	3	1.43	0.79
<b>Sensorikk 500</b>	7	0	1	3	1.29	0.76
<b>Sensorikk 600</b>	7	0	1	2	1.16	0.37
<b>All</b>	35	0	1	3	1.26	0.61

<b>Bismak</b> 1 = Ingen og 9 = Intens	<b>N</b>	<b>Missing</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Mean</b>	<b>SD</b>
<b>Kontroll</b>	7	0	1	1.1	1.01	0.04
<b>Varmebehandlet</b>	7	0	1	3	1.29	0.76
<b>Sensorikk 400</b>	7	0	1	3	1.29	0.76
<b>Sensorikk 500</b>	7	0	1	3	1.3	0.75
<b>Sensorikk 600</b>	7	0	1	4	1.56	1.12
<b>All</b>	35	0	1	4	1.29	0.74

## Vedlegg 11

### PCA-plott for sensorisk profilering av jordbærjuice



**Figur V.** PCA-plott for sensorisk profilering av jordbærjuice. Plottet viser kart over prøvene der prøver som ligger nær hverandre er likere enn prøver som ligger langt fra hverandre. Egenskapene er gjengitt som vektorer. En prøve som ligger i den retningen en vektor peker har mer av egenskapen vektoren representerer enn en prøve som ligger i en annen retning.

## Tofaktorsamspill for trykkbehandlet jordbærjuice

Tabell IX. Tofaktorsamspill med trykk og omgang for høytrykksbehandlet jordbærjuice<sup>ab</sup>

Samspill:		Egenskaper:									
Trykk	Omgang	TMA	pH	Brix	L°	°Hue	Chroma	AF	Tot-AA	L-AA	DHAA
400	1	14,8 a	3,2 ab	7,7 ab	6,7 abc	23,8 ab	23,2 a	0,9 a	8,9 a	4,2 a	4,7 a
400	2	13,3 b	3,3 a	7,1 b	7,4 a	24,5 b	23,7 a	0,9 a	7,1 a	8,5 a	-1,4 a
400	3	14,1 ab	3,2 ab	7,5 ab	6,5 abc	22,9 ab	22,5 a	0,9 a	7,5 a	3,7 a	3,8 a
500	1	15,0 a	3,2 b	7,8 a	6,2 bc	23,1 ab	19,0 a	0,9 a	9,2 a	4,4 a	4,8 a
500	2	14,0 ab	3,2 ab	7,4 ab	7,0 abc	23,7 ab	23,4 a	0,9 a	9,6 a	9,1 a	0,5 a
500	3	14,3 ab	3,2 ab	7,5 ab	6,9 abc	23,7 ab	22,8 a	0,9 a	7,4 a	5,2 a	2,1 a
600	1	14,1 ab	3,2 ab	7,7 ab	5,8 c	22,6 b	21,7 a	0,9 a	5,1 a	4,8 a	0,2 a
600	2	13,3 b	3,2 ab	7,4 ab	7,1 ab	24,5 ab	23,9 a	0,9 a	6,5 a	8,4 a	-1,9 a
600	3	13,4 b	3,2 ab	7,5 ab	6,4 abc	23,2 ab	22,7 a	0,9 a	5,3 a	4,2 a	1,1 a

<sup>a</sup> Resultatene er gitt som gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller ( $n = 3$ ). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test der verdiene i en kolonne med ulik bokstaver er forskjellige ( $p \leq 0,05$ )

**Tabell X.** Tofaktorsamspill med lagringstid og omgang for høytrykksbehandlet jordbærjuice<sup>ab</sup>

Samspill:		Egenskaper:									
L-tid	Omgang	TMA	pH	Brix	L°	°Hue	Chroma	AF	Tot-AA	L-AA	DHAA
0	1	17,7 a	3,3 a	8,0 a	6,9 abc	24,2 bc	25,7 ab	1,0 a	*	*	*
0	2	16,0 abc	3,3 a	7,5 ab	8,4 a	27,3 a	26,5 a	0,9 abc	*	*	*
0	3	16,1 abc	3,3 a	7,6 ab	7,8 ab	26,0 ab	26,5 a	0,9 abc	*	*	*
14	1	16,7 ab	3,2 b	7,6 ab	6,3 bc	23,3 cd	19,3 b	0,9 abc	*	*	*
14	2	14,6 cd	3,2 b	7,0 b	7,1 abc	24,2 bc	24,4 ab	0,9 abc	*	*	*
14	3	15,9 bc	3,2 b	7,4 ab	6,0 c	22,2 cd	22,6 ab	0,9 ab	*	*	*
35	1	13,1 de	3,2 b	7,6 ab	5,7 c	22,4 cd	20,1 ab	0,8 bc	*	*	*
35	2	12,7 ef	3,2 b	7,3 ab	6,6 bc	22,9 cd	22,5 ab	0,9 abc	*	*	*
35	3	13,0 de	3,2 b	7,5 ab	5,6 c	21,7 d	20,7 ab	0,9 abc	*	*	*
49	1	11,0 fg	3,2 b	7,7 ab	6,0 c	22,8 cd	20,1 ab	0,8 c	*	*	*
49	2	10,9 g	3,2 b	7,4 ab	6,6 bc	22,7 cd	21,3 ab	0,9 abc	*	*	*
49	3	10,7 g	3,2 b	7,5 ab	7,0 abc	23,2 cd	20,9 ab	0,8 bc	*	*	*

<sup>a</sup> Resultatene er gitt som gjennomsnittsverdier basert på analyser av tre paralleller ( $n = 3$ ). <sup>b</sup> Basert på Tukeys test der verdiene i en kolonne med ulike bokstaver er forskjellige ( $p \leq 0,05$ )



## Tofaktorsamspill for høytrykksbehandlet jordbærmos og -juice

Tabell XI. Tofaktorsamspill (materiale\*behandling) for varme- og høytrykksbehandlet jordbærmos og -juice<sup>ab</sup>

Samspill		Egenskaper									
Mat.	Beh.	TMA	pH	Brix	L°	°Hue	Chroma	AF	Tot-AA	L-AA	DHAA
Mos	VB	13,7 ab	3,3 a	8,2 b	21,7 a	31,5 ab	33,8 a	0,9 a	9,4 a	6,5 a	4,5 a
Juice	VB	13,0 b	3,2 d	7,5 c	7,4 c	24,4 c	23,9 c	0,9 ab	6,6 bc	3,2 abc	3,4 ab
Mos	HP400	10,8 c	3,2 d	8,4 ab	18,9 b	30,2 b	30,9 b	0,9 ab	6,1 c	1,1 c	5,0 a
Juice	HP400	14,1 ab	3,2 d	7,4 c	6,8 c	23,6 c	23,0 cd	0,9 ab	8,0 abc	5,0 ab	3,0 ab
Mos	HP500	11,0 c	3,3 b	8,4 ab	18,3 b	31,2 ab	31,4 b	0,9 b	6,9 bc	1,7 bc	5,2 a
Juice	HP500	14,4 a	3,2 c	7,6 c	6,7 c	23,5 c	21,8 d	0,9 ab	8,8 ab	5,9 a	2,8 ab
Mos	HP600	10,5 c	3,2 c	8,6 a	18,3 b	31,6 a	31,3 b	0,8 b	6,0 c	1,6 c	4,4 a
Juice	HP600	13,6 ab	3,2 c	7,5 c	6,4 c	23,5 c	22,8 cd	0,9 ab	5,5 c	5,4 a	0,1 b

<sup>a</sup> Resultatene er gitt som gjennomsnittsverdier av alle prøver ved ulike behandlinger. <sup>b</sup> Basert på Tukeys test der verdiene i en kolonne med ulik bokstaver er forskjellige ( $p \leq 0,05$ )

Tabell XII. Tofaktorsamspill (materiale\*lagringstid) for varme- og høytrykksbehandlet jordbærmos og -juice<sup>ab</sup>

Samspill		Egenskaper									
Mat.	L-tid	TMA	pH	Brix	L°	°Hue	Chroma	AF	Tot-AA	L-AA	DHAA
Mos	0	16,0 a	3,3 a	8,2 b	20,0 a	32,3 a	33,9 a	0,9 a	16,1 a	7,2 b	10,2 a
Juice	0	16,3 a	3,3 b	7,6 c	7,5 c	25,4 d	26,0 c	0,9 a	17,9 a	10,3 a	7,6 a
Mos	14	12,4 b	3,2 c	8,5 ab	19,4 a	31,4 ab	32,9 a	0,9 a	5,0 b	0,7 d	4,3 b
Juice	14	15,5 a	3,2 d	7,3 c	6,8 cd	23,6 e	22,4 d	0,9 a	2,5 c	3,7 c	-1,2 c
Mos	35	9,6 c	3,3 a	8,3 ab	18,0 b	30,8 bc	30,0 b	0,8 b	0,1 d	0,2 d	-0,1 c
Juice	35	12,6 b	3,2 c	7,5 c	6,2 d	22,6 e	21,7 d	0,9 ab	1,2 cd	0,5 d	0,7 c
Mos	49	7,9 d	3,2 c	8,6 a	19,8 a	30,0 c	30,5 b	0,9 ab	*	*	*
Juice	49	10,7 c	3,2 c	7,5 c	6,9 cd	23,3 e	21,3 d	0,8 b	*	*	*

<sup>a</sup> Resultatene er gitt som gjennomsnittsverdier av alle prøver ved ulike behandlinger. <sup>b</sup> Basert på Tukeys test der verdiene i en kolonne med ulik bokstaver er forskjellige ( $p \leq 0,05$ )

**Tabell XIII.** Tofaktorsamspill (behandling\*lagringstid) for varme- og trykkbehandlet jordbærmos og -juice<sup>ab</sup>

Samspill		Egenskaper									
Beh.	L-tid	TMA	pH	Brix	L°	°Hue	Chroma	AF	Tot-AA	L-AA	DHAA
VB	0	16,6 a	3,3 a	7,9 a	14,3 abc	28,5 abc	30,2 a	0,9 a	16,8 b	11,9 a	7,3 bc
VB	14	14,9 abc	3,3 bc	7,8 a	15,0 ab	28,3 abcd	29,5 a	0,9 ab	6,4 c	1,9 c	4,4 cde
VB	35	11,8 def	3,3 c	7,7 a	13,7 abcd	27,5 abcde	27,9 ab	0,9 ab	0,7 e	0,7 c	0,0 f
VB	49	9,9 fgh	3,3 d	7,9 a	15,3 a	27,6 abcde	27,9 ab	0,9 abc			
HP400	0	16,1 a	3,3 bc	8,0 a	13,4 abcd	29,1 ab	29,7 a	0,9 abc	16,2 b	7,0 ab	9,2 ab
HP400	14	13,6 cd	3,2 e	7,8 a	12,6 cdef	27,6 abcde	28 ab	0,9 abc	4,1 cd	1,9 c	2,2 def
HP400	35	10,5 fgh	3,2 fgh	7,8 a	12,6 cde	25,0 f	25,2 b	0,9 ab	0,8 e	0,3 c	0,6 ef
HP400	49	9,4 gh	3,2 ghi	8,1 a	12,7 cde	25,8 ef	25,0 b	0,9 abc	*	*	*
HP500	0	16,1 a	3,3 b	7,8 a	13,6 abcd	28,6 abc	30,1 a	0,9 a	20,9 a	8,2 a	12,7 a
HP500	14	13,9 bc	3,2 ef	8,0 a	12,0 def	27,1 bcdef	25,5 b	0,9 abc	2,1 de	2,9 bc	-0,8 f
HP500	35	11,4 efg	3,2 ghi	8,1 a	11,3 ef	26,8 cdef	25,2 b	0,8 bc	0,5 e	0,3 c	0,2 ef
HP500	49	9,3 gh	3,2 i	8,1 a	13,1 bcde	27,0 cdef	25,4 b	0,8 bc	*	*	*
HP600	0	15,7 ab	3,3 bc	8,0 a	13,8 abcd	29,2 a	29,9 a	0,9 abc	14,2 b	7,9 a	6,3 bcd
HP600	14	13,4 cde	3,2 e	8,1 a	12,7 cde	27 cdef	27,7 ab	0,9 ab	2,5 de	2,2 bc	0,3 ef
HP600	35	10,7 fg	3,2 fg	8,0 a	10,7 f	27,5 abcde	25,0 b	0,8 c	0,5 e	0,3 c	0,3 ef
HP600	49	8,5 h	3,2 hi	8,2 a	12,3 def	26,4 def	25,3 b	0,9 abc	*	*	*

<sup>a</sup> Resultatene er gitt som gjennomsnittsverdier av alle prøver ved ulike behandlinger. <sup>b</sup> Basert på Tukeys test der verdiene i en kolonne med ulik bokstaver er forskjellige ( $p \leq 0,05$ )

