

EFFEKTEN AV FORSKJELLIGE LAGRINGSFORHOLD PÅ
TOMATENES KVALITET (LYCOPERSICON ESCULENTUM MILL.)
FRA HØSTING TIL KONSUM.

EFFECTS OF DIFFERENT STORAGE CONDITIONS ON TOMATO QUALITY
(LYCOPERSICON ESCULENTUM MILL.) FROM HARVEST TO CONSUMPTION.

IRENE HOLTA TJØSTHEIM

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP
INSTITUTT FOR PLANTE- OG MILJØVITENSKAP
MASTEROPPGAVE 60 STP, 2011



Forord

Masteroppgaven er avslutningen på mitt studium ved Institutt for plante- og miljøvitenskap ved Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB). Da bachelorgrad og teoretisk del av masterstudiet var fullført var jeg nysgjerrig på hvordan forskere innen plantevitenskap jobbet, og tok derfor kontakt med Bioforsk Vest og PlantChem, ved Særheim landbruks-senter, og spurte om mulighet for å skrive masteroppgave der.

Dette resulterte i det mest spennende året i løpet av studietiden, og jeg vil rette en spesielt stor takk til mine veiledere dr. Michél J. Verheul og Rune Slimestad! Både for å få meg til å føle meg velkommen på Særheim fra første stund, til tålmodig opplæring i alt fra laboratorieteknikker, behandling av statistikk og oppgaveskriving.

Så vil jeg gi en stor takk til hovedveileder ved UMB, dr. Anne-Berit Wold, for motiverende veiledning fra start til slutt, og svært nøyaktige tilbakemeldinger gjennom skriveperioden!

Det hadde heller ikke blitt noen oppgave om det ikke var for mine foreldre; tusen takk for all støtte underveis!

Vilja Irene - denne ble skrevet for deg!

Ås, mai 2011

.....

Irene Holta Tjøstheim

Abstract

This master thesis is part of a project at Bioforsk Vest, Særheim. The main purpose is to find the optimal growth methods and transport- and storage conditions to maintain the quality and the potentially health-promoting constituents of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) from harvest to consumption. In this part 8 different storage regimes were simulated. To evaluate the quality, firmness and color of the tomatoes were measured, and levels of soluble solids (SSC), total titrable acids (TTA), chalconaringenin (CN), rutin, apiosyl rutin, lycopene and β -carotene were analyzed during post-harvest ripening. The flavonoids and carotenoids were determined using high-performance liquid chromatography (HPLC). Two quite different tomato cultivars ('Dometica' and 'Susanne') were used in the study. There were two harvest dates, and the tomatoes were harvested at 3 different maturity levels; green (MG1), pink (MG2) and red (MG3). After harvest the tomatoes were stored at different temperatures (2, 8, 12 and 15°C) in darkness the first 4 days after harvesting (transport simulation), and 4 groups were stored under direct lightening, exposed for ethylene gas (150 ppm, simulation of outer exposure during transport) or UV-C radiation (1650 μ mol) in 15 or 90 seconds. After the 4 days treatment period all groups of tomatoes were stored at 22°C under direct lightening for 18 days (shelf life simulation), except the tomatoes stored at 12°C who remained in the same temperature and darkness during the study. Samplings during post-harvest ripening were performed at harvest day, day 4, day 7, day 15 and day 22. The analyses revealed that in most cases, cultivar type had a greater effect than the different temperatures or storing under direct lightening, or exposure to ethylene gas and UV-C radiation. Contents of the carotenoids lycopene and β -carotene were significantly higher in tomatoes radiated with UV-C for 90 seconds than treatments without UV-C radiation, and treatment with 15 seconds UV-C radiation. SSC contents were higher in tomatoes harvested at MG3 than MG1 and 2, whereas TTA contents were higher in tomatoes harvested at MG1 than MG3. Cv. Susanne had higher levels of SSC, TTA, flavonoids and carotenoids than cv. Dometica, whereas cv. Dometica developed the deepest red color and maintained the highest firmness during the storage period. In general the firmness, SSC and TTA levels decreased during storage, which can affect the taste and quality, and levels of the potentially health-promoting carotenoids increased.

Sammendrag

Masteroppgaven er et delprosjekt av et større prosjekt ved Bioforsk Vest, Særheim. Hovedmålsettingen er å finne optimal dyrkingsmetode og lagringsforhold for å bevare kvalitet og helsebringende komponenter i tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) best mulig fra høsting til konsum. I dette prosjektet ble 8 lagringsregimer simulert. For å evaluere kvaliteten ble fargeutvikling og fasthet vurdert, og innhold av løst tørrstoff (SSC), titrerbar syre (TTA), chalconaringenin (CN), rutin, apio rutin, lykopen og β -karoten ble målt gjennom lagringsperioden. Flavonoidene og karotenoidene ble analysert ved high-performance liquid chromatography (HPLC). To forskjellige tomatsorter ('Dometica' og 'Susanne') ble brukt i prosjektet. Det var to høstetidspunkt, og tomatene ble høstet ved 3 forskjellige modningsgrader; fullvokst grønn (MG1), rosa (MG2) og rød (MG3). Etter høsting ble tomatene lagret ved 4 forskjellige temperaturer (2, 8, 12 og 15°C) i mørke de første 4 dager (transportsimulering), og 4 andre grupper ble lagret under direkte lys, eksponert for etylengass (150 ppm, simulering av ytre eksponering ved transport) eller UV-C stråling (1650 μmol) i 15 eller 90 sekunder. Etter behandlingsperioden på 4 dager ble alle tomatene lagret sammen i 22°C og direkte lys i 18 dager (butikksimulering), bortsett fra tomatene lagret i 12°C og mørke som ble lagret ved samme temperatur og i mørke hele perioden. Analyser gjennom lagringsperioden ble foretatt ved høsting, dag 4, dag 7, dag 15 og dag 22. Analysene viste at i de fleste tilfeller var det større forskjeller mellom sortene enn mellom de forskjellige behandlingene. Innhold av lykopen og β -karoten var signifikant høyere i tomater bestrålt med UV-C i 90 sekunder enn i behandlingene uten UV-C stråling og behandlingen med 15 sekunder UV-C stråling. SSC nivå var signifikant høyere i tomater høstet ved MG3 enn tomater høstet ved MG1 og 2, mens TTA nivå var høyere i tomater høstet ved MG1 enn MG3. Sorten Susanne hadde høyere nivå av SSC, TTA, flavonoider og karotenoider enn sorten Dometica, mens sorten Dometica utviklet den dypeste rødfargen og hadde de fasteste tomatene gjennom perioden. Generelt sank fasthet og SSC nivå og TTA nivå gjennom lagringsperioden, noe som kan påvirke forbrukerens oppfatning av smak og kvalitet, og nivå av de potensielt helsebringende karotenoidene økte fra høsting og til prosjektets slutt.

Innholdsfortegnelse

Forord	2
Abstract.....	3
Sammendrag.....	4
1. Innledning	7
1.1 Om forsøket	7
1.2 Helsebringende stoffer i tomat	9
2. Materiale og metode	11
2.1 Plantemateriale	11
2.2 Høstemetode	11
2.3 Behandling	11
2.4 Analyser	13
2.5 Dataanalyser	15
3. Resultater	16
3.1 Hovedtrekk av resultatene fra forsøket	17
3.2 Butikkmålinger	19
3.3 Sortsforskjeller	20
3.4 Effekt av temperaturbehandling på tomatkvalitet etter lagring og i butikk	20
3.4.1 Fargenivå	21
3.4.2 Fasthet	22
3.4.3 Løselig tørrstoff (SSC)	23
3.4.4 Titrerbar syre	24

3.5 Effekt av eksponering for lys dirkete etter høsting, eksponering for etylengass og UV-C stråling på kvalitet hos tomat i butikk	26
3.5.1 Fargenivå	26
3.5.2 Fasthet	28
3.5.3 Løselig tørrstoff (SSC)	28
3.5.4 Titrerbar syre	29
3.6 Effekt av lagringstemperatur, etylen og UV-C stråling på innholdet av flavonoider og karotenoider.....	31
3.6.1 Virkning på innhold av chalconaringenin (CN):	31
3.6.2 Virkning på innhold av rutin	31
3.6.3 Virkning på innhold av apiosyl rutin	31
3.6.4 Virkning på innhold av lykopen	32
3.6.5 Virkning på innhold av β -karoten	33
3.7 Sammenheng mellom løst tørrstoff og syrenivå alle behandlinger	33
4. Diskusjon	35
4.1 Sortsforskjeller	35
4.2 Effekt av lagringstemperatur på tomatkvalitet etter "transportbehandling" og lagring i "butikk"	35
4.3 Effekt av eksponering for lys dirkete etter høsting, eksponering for etylengass og UV-C stråling på kvalitet hos tomat i butikk	38
4.4 Effekt av lagringstemperatur, etylen og UV-C stråling på flavonoider og karotenoider	44
4.5 Sammenheng mellom løst tørrstoff og syrenivå alle behandlinger	48
Litteraturliste	50

1. Innledning

Tomaten kommer opprinnelig fra Sør-Amerika, og ble fraktet til Europa med Columbus. (Bjelland, 1997). Botanisk står tomatplanten nær potet (*Solanum tuberosum*) og aubergine (*Solanum melongena*). Tomatplanten er i søtvierfamilien (*Solanaceae*) og har det latinske navnet *Lycopersicon esculentum*. Tomaten er botanisk et bær, men blir dyrket og brukt som en grønnsak (Slimestad og Verheul, 2009). I dag er tomaten en av våre viktigste matplanter, og blir ansett som svært sunn, med positive effekter på menneskets helse på grunn av helsefremmende komponenter som antioksidanter, mineraler og vitaminer. I Norge spiser vi 6,4 kg fersk tomat per person, og 9000 tonn av disse ble dyrket her til lands, noe som tilsvarer ca 33% av det totale forbruket (Opplysningskontoret for frukt og grønt, 2011). Til sammenlikning spiser grekerne 100 kg tomat per person i året (Hødnebo, 2011).

1.1 Om forsøket

Dette prosjektet er et delprosjekt av et større markedsorientert forsøk ved Bioforsk, Særheim, som går på kvalitet og innholdsstoffer fra dyrking til konsum i norske veksthusomater. Prosjektet er rettet mot forbrukeren, og har som mål å komme med retningslinjer til gartner og grossist om hvordan tomaten kan dyrkes, transporteres og lagres på en optimal måte, slik at man bevarer innholdsstoffene samtidig som kvalitet og smak ivaretas.

Markedet for tomat har forandret seg vesentlig de siste 10 årene. Fra å ha en tomatsort i grønnsakshyllene, har det nå blitt mange forskjellige sorter å velge mellom i butikken, kanskje spesielt av små sorter. De nye sortene markedsføres gjerne som smakstomat, plommetomat, cocktailtomat eller klasetomat, og selv i de minste butikkene er det vanlig å ha minst 5 sorter å velge mellom (Alfnes og Guttormsen, 2010).

På grunn av det kalde klimaet i Norge, er det store utgifter knyttet til oppvarming av veksthus sammenliknet med andre produsentland som Nederland og Spania. Dette gjør at norske produsenter ikke kan konkurrere med importtomater i pris, og må markere seg i markedet med å fokusere på kvalitet og merkevarebygging (Alfnes og Guttormsen, 2010).

Tidligere i prosjektet er det gjort forsøk som går på hvordan dyrkingsmetode og gjødslingsregimer påvirker tomatens innholdsstoffer og kvalitet. I forbindelse med prosjektet er det foretatt en større forbrukerundersøkelse som gir en god beskrivelse av hva forbrukeren ser etter ved valg av tomat i butikk (Alfnes og Guttormsen, 2010). Det ble lagt vekt på opprinnelsesland, innpakning, sort, størrelse og farge, i tillegg til smakstesting. Undersøkelsen konkluderer med at norske konsumenter foretrekker norske tomater, med dyp rød farge, men samtidig var de ikke villige til å gi særlig høyere pris for tomater dyrket i Norge. Konsumentene var derimot villige til å gi høyere pris for små tomater enn store. I smakstesten ble tomater som ble høstet grønne og modnet ved lagring gitt en lavere score etter at konsumentene fikk smake enn da de kun fikk se tomatene.

Forsøket denne oppgaven omfatter er et lagringsforsøk. Tomat er en klimakterisk frukt, og kan modnes etter høsting. Det er tidligere vist at modningsgrad ved høsting og lagringstemperaturer kan påvirke næringsinnholdet i den modne tomaten (Javanmardi og Kubota, 2006). Tomat blir ofte høstet når de er fullvokste, men fremdeles med grønn farge, for å unngå skader under transport og lagring, og for å kunne lagres over lengre perioder. Dette gjør at grossistene står fritt til å handle fra større geografiske områder, noe som kan være ufordelaktiv for produsent, mer fordelsaktig for konsument, og mest fordelsaktig for omsetningsleddene, som kan høyne inntjeningen. Høstefarge og temperatur under lagring er kjente faktorer som påvirker intensiteten i modning og utvikling av rødfarge under lagring. Innhold av sukker og syre ved høsting og etter lagringsperiode ga en indikator på smaksforskjell ved forskjellige høstetidspunkter. Basert på tidligere forsøk (f. eks Aharon et al., 2009; Batu, 2003; Cantwell et al., 2009; Klein et al., 2010; Maharaj et al., 1999; Maul et al., 2000; Molyneux et al., 2004) var omsetning av syre og sukker, farge/fasthet og utvikling av fenolforbindelser og karotenoider, forventet å variere mellom de forskjellige behandlingene og modningsgradene i forsøket. Disse faktorene er alle deler av tomatens modningsprosess.

I prosjektet (Figur 1) simulerte man transport fra gartneri til grossist og fra grossist til lagring i butikk før salg. Det var 8 forskjellige behandlinger i forsøket. 4 av disse var forskjellige lagringstemperaturer de første 4 dager etter høsting, mens 4 simulerte annen ytre påvirkning som etylengass som tomatene kan utsettes for ved samtransport med f.eks. epler, agurk og blomster, lagring i direkte lys, og behandling med UV-C

stråling. Deretter ble alle tomatene (minus kontrollgruppen) lagret i høy temperatur under direkte lys, som simulerer butikkhyllagring. Målet med forsøket var å kartlegge hvorvidt de forskjellige lagringsregimene påvirker innholdet av helsefremmende stoffer som karotenoider og fenoler, samt andre kvalitetsfaktorer på tomatene etter de forskjellige behandlingene. Faktorer som ble vurdert var funksjon av tid i forhold til reduksjon av kvalitet, om lagring i optimal temperatur i forhold til innholdsstoffer og kvalitet kunne forsvare høsting av umoden tomat, effekt av lysstyrke under lagring, effekt av etylengass i forhold til modning, innholdsstoffer og forringing av kvalitet, og om det var forskjell på rund tomat av sorten Dometica og cherrytomaten Susanne.

Tomater utsettes for en rekke forskjellige temperaturer på sin ferd fra gartneri, via grossist og ut i butikk. Alt fra 0 - 2° C under samtransport med andre frukter og grønnsaker (som krever lav temperatur for å holde god kvalitet), til lengre lagring på lagerrom og butikklokaler med opptil 22° C. I noen butikkjeder lagres tomatene på kjølerom frem til salg. De forskjellige lagringsregimene ble simulert i 8 klimarom ved Bioforsk Vest, Særheim, der det var mulig å regulere temperatur, RH og lysstyrke.

Kvaliteten ble målt ved å vurdere modningsgrad/farge, og ved å måle sukker- og syreinnhold, noe som er viktige kriterier for forbrukerne. Fasthet og farge er de ytre faktorene forbrukerne ser etter ved valg av tomater i butikk, mens sukker- og syreinnhold er en indikator på smak, og dermed en viktig faktor med tanke på gjenkjøp av de aktuelle tomatproduktene.

1.2 Helsebringende stoffer i tomat

Den lave forekomsten av kreft i middelhavsområdene har i studier blitt forklart med høyt innhold av grønnsaker og frukt, inkludert tomat, i dietten (Agarwal & Rao, 2000). Tomat er en god kilde til antioksidanter, som vitamin A, vitamin C, vitamin E, fenoler og karotenoider (Pernice, 2010). Antioksidanter er stoffer som hemmer eller motvirker oksidering av lipider eller andre molekyler, ved å hemme initiering eller utvikling av oksidative kjedereaksjoner (Javanmari og Kubota, 2006). Kroppen danner selv oksygenradikaler, også kalt frie radikaler når oksygen forbrennes. De frie radikalene kan skade celler, proteiner og arvestoff om de forekommer i store mengder (Grønli, 2004). Studier har vist at tomat i kostholdet forebygger sykdom, som kardiovaskulære lidelser

og flere krefttyper, som prostatakraft (Canene-Adams, 2005) og åreforkalkning (Agarwal & Rao, 2000).

Konsentrasjonen av flavonoider i tomat påvirkes i stor grad av klima og solforhold under dyrking, og det er vist at tomater dyrket i middelhavsområdene har høyere fenolinnhold enn tomater dyrket i Nord-Europa (Stewart et al., 2000). Biosyntesen i karotenoider påvirkes i større grad av sort, modningsgrad ved høsting og dyrkningsforhold, som vanning og gjødsling (Leonardi et al., 2000). Aktuelle flavonoider tomatene ble analysert for i forsøket var chalconaringening, rutin og apiosyl rutin.

Karoteninnholdet i tomatprodukter, og spesielt lykopen, har lenge blitt vurdert som viktig, og er en kvalitetsindikator for forbrukerne som ønsker mye av den karakteristiske fargen i tomatene. Den umodne tomaten har den friske, grønne fargen som kjennetegner klorofyll, før den utvikler seg til rosa-oransje og rød etter hvert som klorofyllet blir brutt ned og karotenoider dannes. Lykopen utgjør opptil 90 % av karotenoidene i den fullmodne tomaten (Giovanelli et al., 1999). Tomatene i forsøket ble analysert for karotenoidene lykopen og β -karoten.

2. Materiale og metode

2.1 Plantemateriale

I forsøket ble det benyttet 2 sorter tomat, cherrysorten Susanne som veier om lag 20 gram, og den større sorten Dometica som veier om lag 120 gram. 'Dometica' ble høstet i Orre gartneri og 'Susanne' i Wiig gartneri, begge kort avstand (ca 10 km) til Bioforsk Vest, Særheim, Rogaland (58° 47'N, 5° 41'E). Begge sortene ble dyrket på steinull, og ble høstet i september 2010. Fra hver sort og hver plante ble det høstet tomater av 3 modningsgrader. Umoden frukt som er fullt utviklede, men fremdeles grønne (MG1), standard som er modningsgraden ved kommersiell høsting (MG2), og moden tomat som er rød (MG3). Det var to høstetider med 10 dagers mellomrom.

2.2 Høstemetode

Tomatene ble høstet fra planter i samme rad midt i drivhuset, og fortrinnsvis 3 klaser av forskjellig modningsgrad fra hver plante. Det ble høstet fra 108 tomatplanter av sorten Susanne og 108 tomatplanter av sorten Dometica. Begge gjentakene ble høstet av samme person for å sikre at modningsgrad og høstemetode var tilnærmet identisk ved de to høstingene. 6 klaser tomat av samme modningsgrad ble lagt i samme eske (tomateske laget av papp, som brukes til distribusjon), til sammen 54 esker med cherry tomat og 54 esker med stor tomat. Det inngikk 3 klaser per parallell i forsøket, så i hver eske er det 2 paralleller. Tomatene ble løsnet fra klasene før videre lagring.

2.3 Behandling

For å finne temperaturene, relativ luftfuktighet (RH) og lysstyrke som ble brukt under forsøket ble 4 grossister kontaktet (Norgesfrukt avd. Bryne, Gartnerhallen, Coop og Bama) og det ble foretatt målinger i 5 butikker, både på lager og ute i butikklokalet. RH, temperatur og lysstyrke ble målt 3 ganger i løpet av én dag i hver butikk. De 2 sortene Dometica og Susanne ble utsatt for én av de 8 behandlingene i klimarom med forskjellige temperaturer, lysforhold, ytre eksponering av UV-C stråling ved 2 tidsintervaller og etylengass (Tabell 1). Hver behandling foregikk over 96 timer. De 3 temperaturbehandlingene var 2, 8, og 15° C, alle i mørke. I tillegg var det en behandling der tomatene ble lagret i 12° C under lysrør (150 µmol hvitt lys), og 2 behandlinger der

tomatene ble utsatt for UV-C stråling (1650 μmol) i henholdsvis 15 s og 90 s. Den siste behandlingen var eksponering for etylengass (150 ppm). Her ble kassene satt på en palle, og pakket tett med plast, før etylengass ble blåst inn med hjelp av plastslange. I tillegg til alle disse behandlingene kom kontrollprøvene som hele forsøksperioden ble lagret ved 12° C og i mørke. Etter behandling ble alle varianter, minus kontroll, lagret ved 22°C, 85 % RH og direkte lys, noe som skulle simulerte lagring i butikklokaler eller lagringsrom for butikker. Eskene stod på stativ i 2 eller 3 lag og ble rotert gjennom lagringsperioden for å få mest mulig like lys- og fuktighetsforhold.

Tabell 1: Oversikt over de ulike behandlingene som tomatene ble utsatt for de fire første døgnene etter høsting (klimarom 1-8, "transport-periode") etterfulgt av lagring i rom 9 ("butikk-periode").

Klimarom	Behandling	Temperatur °C	RH %	Lysforhold
1	Temperaturbehandling	12	85	Mørke
2	Temperaturbehandling	2	85	Mørke
3	Temperaturbehandling	8	85	Mørke
4	Temperaturbehandling	15	85	Mørke
5	Lysrør	12	85	150 μmol hvitt lys
6	Etylengass 150 ppm	2	85	Mørke
7	UV-C 15 sek 1650 μmol	12	85	Mørke
8	UV-C 90 sek 1650 μmol	12	85	Mørke
9	Butikklagring fra dag 4	22	85	Lys

Prøveuttak til analyse ble gjort ved dag 1 (høsting), dag 5 ved flytting til 22°C, dag 8, dag 15 og dag 22. I hvert uttak ble det tatt ut 3 klaser/paralleller fra hver sort, hver behandling og hver modningsgrad, i alt 18 prøver fra hver behandling, 9 fra hver sort. Tomater med mugg ble ekskludert fra forsøket gjennom perioden, for å unngå spredning av råte.

2.4 Analyser

Hver prøve ble vurdert for farge, fasthet og løst tørrstoff. Farge ble vurdert visuelt med hjelp av fargekart (Vekstmiljø AS, Norgros Fargeprøve for tomater, 1-12, der 1 er grønn og 12 er mørk rød). Fasthet ble målt med durometer (Durofel, Agro-Technologie, Frankrike) på to sider av hver tomat (skala 1-100, der 100 er helt hard), og gjennomsnittsverdien for disse to målingene ble benyttet. Oppløst tørrstoff (et mål på sukkerinnhold) ble målt med digitalt PR-100 α refraktometer (Atago Co., Japan), og resultatet oppgitt som °Brix, der for eksempel en verdi på 9 tolkes som 9% sukker i løsningen. Prøvene ble homogenisert ved hjelp av blender og fryst ved -20° C for videre analyser.

Titrerbar syre:

Samtlige prøver ble analysert for titrerbar syre med 0,1 M NaOH. 5 gram tint homogenisert prøve ble veid inn og løst i 25 ml destillert vann. Syre ble titrert (Basic Titri 794, Metrohm, Sveits) med lut. Som standard ble 0,1 g sitronsyre oppløst i 25 ml destillert vann benyttet. pH og ekvivalenspunkt ble notert og sammenlignet for å utelukke systematisk feil. Da det kan forekomme temperaturforskjeller mellom prøvene som tines, ble standard kontrollert i forskjellige temperaturer for å se om temperatur spiller inn på pH og ekvivalenspunkt (**Tabell 2**). Temperaturene i prøvematerialet kan variere mellom 4° C og 9° C, men vil aldri komme så høyt som 20° C.

Tabell 2: Tabellen viser svake svingninger i ekvivalenspunkt og synkende pH ved økt temperatur.

Masse (g)	Temperatur ° C	Ekvivalenspunkt (ml)	pH
1,0007	20	15,268	7,59
1,0019	9	15,651	8,08
1,0004	4	15,475	8,74

Flavonoider:

Innhold av flavonoidene chalconaringenin (CN), rutin (rut) og apiosylrutin (apio rut) ble analysert ved bruk av HPLC (high-performance liquid chromatography) (Agilent 1100 system, Agilent Technologies). 1 gram prøvemasse ble tilsatt 10 ml etanol (0,1 % TFA) og satt på til kjøling 72 timer ved 4°C før 5 ml av prøven ble ekstrahert. 1 ml av den ekstraherte prøven ble filtrert gjennom et 13 mm sprøytefilter (Nylon 0.45 µm, VWR International), og analysert ved bruk av HPLC. HPLC-en var utstyrt med autosampler og photodiodearray detektor. Separasjon ble oppnådd ved en Eclipse XDB-C8 (4,6 × 150 mm, 5 mm) kolonne (Agilent Technologies), og bruk av et binært løsemiddel som består av (A) 0,05% TFA i vann og (B) 0,05% TFA i acetonitril. Gradienten (prosent B i A) var lineær fra 5% til 10% i 5 min, fra 10% til 25% for de neste 5 min, fra 25% til 85% i 6 min, fra 85% til 5% i 2 min, og til slutt ble kolonnen ekvilibrert med 5% i løpet av 2 min. Pumpehastigheten var 0,8 ml/min, 10 µl prøve ble injisert på kolonnen, og separasjon fant sted ved 30 °C. Deteksjon ble foretatt ved 370 nm (Slimestad et al, 2008). Kvantifisering ble utført ved å beregne areal av de individuelle toppene i kromatogrammene, og korrigere disse mot prøvens innveide masse. På denne måte er alle verdier oppgitt som detektor-responser (AU*sec).

Karotenoider:

Karotenoidene all-*trans*-lykopen og β-karoten ble også analysert ved hjelp av HPLC . 5 gram frosset, homogen prøve ble tint i vannbad (ca 30 °C) i mørke (reagensrør pakket inn i aluminiumsfolie). 1 gram av hver prøve ble overført til sentrifugerør og tilsatt 1 ml etylacetat (100%), ristet i 1 minutt i vortex (Vortex-Genie 2, Scientific Industries), og sentrifugert (Jouan labsentrifuge, 5000 rpm (max)), Frankrike) i 5 minutter ved 20° C og 4000 rpm. Etylacetatfasen (øvre fase) ble pipettert over i reagensrør. Pelletten tilsettes 1 ml etylacetat og prosedyren utføres på ny, totalt 4 ganger, og ekstraktene ble kombinert. Prøvevolumet ble justert til nøyaktig 4 ml med tilsetning av etylacetat (ca 0,4-0,2 ml). 1 ml av ekstraktet ble filtrert med 13 mm sprøytefilter (Nylon 0.45 µm, VWR International), og analysert ved HPLC. Karotenoidene ble også separert over Eclipse XDB-C8 kolonne. Løsemiddelsystemet bestod av (A) metanol - acetonitril - vann - TRIS buffer (15:65:19:1, v / v, TRIS buffer = 0,2 M TRIS-HCl, pH 7,4) og (B) metanol - hexan

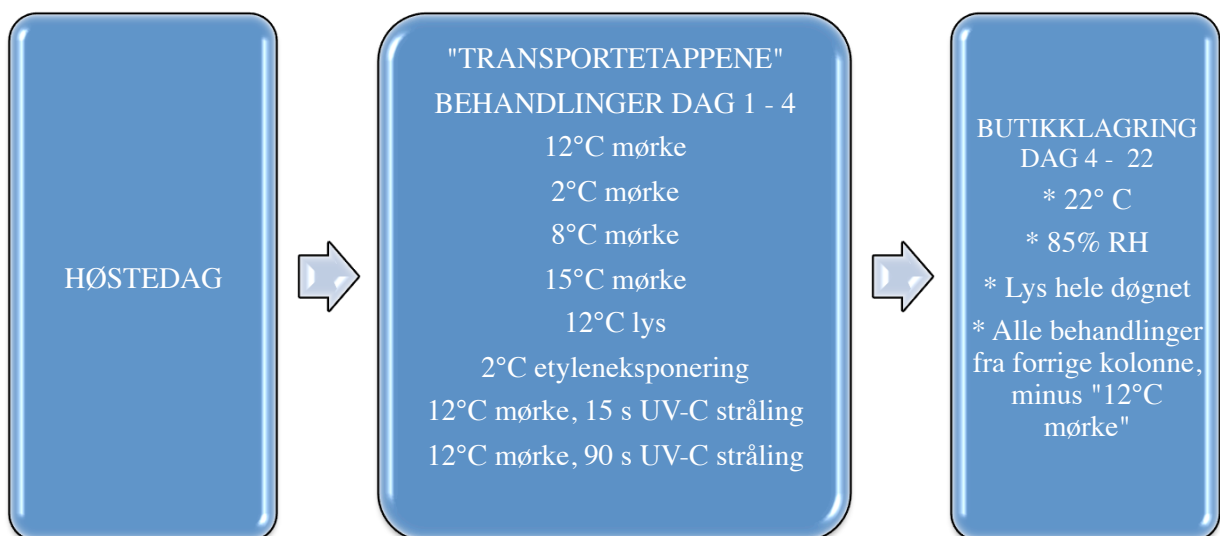
(07:01, v / v). Gradienten (prosent B i A) var lineær fra 0% til 100% i 15 min, isokratisk eluering med 100% B for de neste 6 min, og til slutt lineær fra 100% til 0% i 1 min. Pumpehastigheten ble satt til 1 ml/min, injeksjonsvolum til 20 ml, og deteksjon ble gjort ved 450 nm. Kvantifisering ble utført ved å beregne areal av de individuelle toppene i kromatogrammene, og korrigere disse mot prøvens innveide masse. På denne måte er alle verdier oppgitt som detektor-responser (AU*sec).

2.5 Dataanalyser

Dataanalysene ble gjennomført med SAS software, og resultatene sammenliknet med Student-Newman-Keuls Test (General linear modell).

3. Resultater

Hovedtrekkene fra forsøket presenteres i kapittel 3.1. Kapittel 3.2 viser målingene foretatt i butikker i forkant av forsøket, som la grunnlaget for temperaturene som ble anvendt i klimarommene. Sortsforskjellene var dominerende og presenteres i kapittel 3.3. I kapittel 3.4 presenteres resultatene fra analysene av tomater som ble utsatt for ulike temperatur-regimer, for på den måten å simulere ulike transport-temperaturer (2, 8 , 12, 15°C) de 4 første dager etter høsting. I kapittel 3.5 presenteres resultatene for "transportetappene" der tomatene eksponeres for direkte lys, etylengass eller UV-C stråling de 4 første dager etter høsting. Analyser av flavonoider og karotenoider ble foretatt på prøver som var eksponert for etylengass, UV-C stråling i 90 sekunder og for prøver som var oppbevart ved 12 °C, resultatene vises i kapittel 3.6. Forholdet mellom sukker og syre gjennom lagringsperioden illustreres i kapittel 3.7.



Figur 1: Illustrasjon av de forskjellige behandlinger i forsøket gjennom forsøksperioden på 22 dager. Etter høsting blir tomatene fordelt i 8 klimarom med forskjellige behandlingsregimer, før alle tomatene (minus tomatene lagret ved 12°C og mørke, som lagres ved samme temperatur og i mørke gjennom hele perioden) flyttes til samme klimarom dag 4, der de lagres ved 22°C og under lys døgnet rundt til dag 22.

3.1 Hovedtrekk av resultatene fra forsøket

Tabell 3: Hovedtrekk av resultatene fra forsøket, nederst en oversikt over samspill mellom de målte parametre. Tall med ulik bokstav (a b c d) er signifikant forskjellige. Det var samspill mellom flere av de målte parametre, dette forklares i tabellen, sammen med hovedtrekken fra forsøket. I tabellen kommer det også frem hvilke forskjeller som var signifikante.

		<i>Farge 1-12</i>	<i>Fast-het 1-100</i>	<i>SSC °Brix</i>	<i>CN AU*sec</i>	<i>Apio-rutin AU*sec</i>	<i>Rutin AU*sec</i>	<i>TTA mg/100g</i>	<i>Lykopen AU*sec</i>	<i>β-karoten AU*sec</i>
Sort	Dometica	10,35 (a)	69,11 (a)	4,93 (b)	2058 (b)	628 (a)	1307 (b)	0,49 (b)	202 (b)	95 (b)
	Susanne	8,78 (b)	56,22 (b)	6,92 (a)	5934 (a)	624 (a)	2563 (a)	1,02 (a)	613 (a)	162 (a)
Modningsgrad ved høsting	MG1	7,38 (c)	67,94 (a)	5,35 (c)	0	0	0	0,84 (a)	69 (c)	76 (b)
	MG2	10,11 (b)	62,01 (b)	5,91 (b)	0	0	0	0,72 (b)	539 (a)	138 (a)
	MG3	11,43 (a)	58,4 (c)	6,34 (a)	0	0	0	0,66 (c)	290 (b)	146 (a)
"Transport" behandlinger	12°C	8,58 (d)	72,21 (a)	6,09 (a)	6097 (a)	644 (a)	1712 (a)	0,77 (a)	185 (c)	112 (b)
	mørk									
	2°C	9,57 (b)	61,51 (c)	5,86 (b c)	0	0	0	0,74 (a b c)	0	0
	8°C	9,81 (b)	62,54 (c)	5,78 (c d)	0	0	0	0,75 (a b c)	0	0
	15°C	10,53 (a)	58,49 (d)	5,91 (b c)	0	0	0	0,72 (b c)	0	0
	Lysrør	9,58 (b)	61,15 (c)	5,69 (e d)	0	0	0	0,72 (b c)	0	0
	Etylen	8,97 (c)	61,69 (c)	5,61 (e)	2292 (b)	593 (a)	1900 (a)	0,77 (a)	633 (b)	106 (b)
Uttak	UV-C 15s.	10,31 (a)	59,21 (d)	5,93 (b c)	0	0	0	0,71 (c)	0	0
	UV-C 90s.	9,86 (b)	61,7 (c)	5,8 (b c d)	3250 (b)	640 (a)	2231 (a)	0,76 (a b)	850 (a)	196 (a)
	1 (høsting)	7,15 (d)	78,15 (a)	6,27 (a)	4145 (a)	678 (a)	1202 (b)	0,86 (a)	284 (c)	141 (a b)
	2 (dag 4)	7,47 (c)	74,54 (b)	6,44 (a)	5974 (a)	575 (a)	1498 (b)	0,87 (a)	193 (c)	103 (c)
	3 (dag 7)	9,44	63,34 (c)	5,99	3077	651	2567	0,81 (b)	258 (c)	96 (c)

	(b))	(a b)	(a)	(a)	(a)				
4 (dag 15)	10,91 (a)	55,07 (d)	5,62 (b c)	4199 (a)	648 (a)	2107 (a b)	0,66 (c)	486 (b)	128 (b c)	
5 (dag 22)	11,21 (a)	53,98 (d)	5,38 (b c)	2583 (a)	618 (a)	1882 (a b)	0,59 (d)	725 (a)	170 (a)	
Sort*MG	xxx	xxx	xxx	0	0	0	xxx	xxx	x	
Sort*beh	xxx	xxx	xxx	xxx	n.s	xx	xxx	xxx	xx	
Sort*uttak	xxx	x	n.s	x	n.s	x	xxx	xxx	xxx	
MG*beh	xxx	xxx	n.s	0	0	0	xx	xxx	xxx	
MG*uttak	xxx	x	n.s	0	0	0	xxx	xxx	xxx	
Beh*uttak	X	xx	n.s	xx	n.s	n.s	xxx	xxx	xxx	
Sort*MG* uttak	Xxx	n.s	0	0	0	0	0	xxx	xxx	
Sort*uttak*beh	n.s	n.s	n.s	x	n.s	n.s	xx	xxx	x	
MG*beh*ut	0	n.s	0	0	0	0	x	xxx	xxx	
Sort*MG*beh* uttak	xxx	n.s	xx	n.s	n.s	n.s	xx	n.s	n.s	

x= samspill 0= ikke målt n.s= non significant

3.2 Butikkmålinger

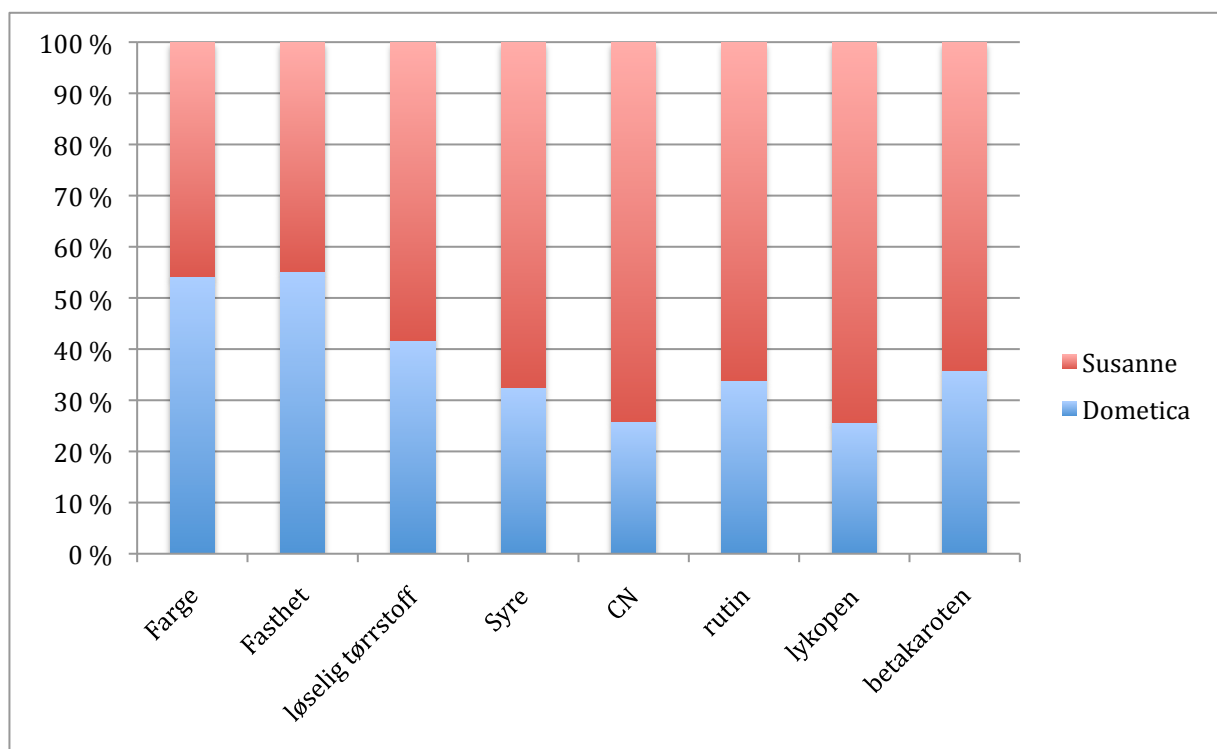
Temperatur, RH og lysstyrke der tomatene var lagret, ble målt i 4 forskjellige butikker (anonymisert). Det ble foretatt målinger morgen, middag og kveld for å se om forholdene varierte gjennom dagen. Målingene la grunnlag for temperaturene som ble brukt i klimarommet under "butikkagringsdelen". I målingene kom det frem at noen butikker lagrer tomater på kjølerom, ved så lav temperatur som 2 °C (tabell 4). Dette gjør at "transportetappen" der ble tomatene lagret ved 2°C, som i utgangspunktet skulle simulere samtransport med andre frukt og grønnsaker, også var en reell lagringstemperatur i enkelte butikker.

Tabell 4: Tabellen viser resultatet fra butikkmålingene gjort mellom 19.08.10-24.08.10 som ga grunnlaget for verdiene brukt i forsøket

Butikk	Tidspunkt	RH %	Temp ° C	Lys	Kommentar
1	09.00	78	6,1	7,0 µmol	lys åpningstid
	12.00	68	3,1	6,0 µmol	
	17.00	80	6,0	6,0 µmol	
2	09.30	70	19,3	8,7 µmol	døgnlys
	12.30	64	18,4	8,5 µmol	
	17.30	78	23,3	8,0 µmol	
3	10.00	70	20,1	39 µmol	lys åpningstid
	13.00	76	21,8	35 µmol	
	18.00	74	20,5	37 µmol	
4)	09.30	80	3,0	2,0 µmol	lys åpningstid
	12.20	78	3,5	2,0 µmol	
	17.00	78	2,9	2,0 µmol	
5	10.15	82	16,7	8,0 µmol	døgnlys
	13.00	82	20,7*	8,0 µmol	
	17.40	80	20	10 µmol	

3.3 Sortsforskjeller

Det var signifikante forskjeller mellom sortene for de fleste målte parametre (Tabell 3). Sorten Dometica utviklet rødest farge og hadde høyere fasthet enn sorten Susanne (Figur 2). 'Susanne' hadde høyere nivå av løst tørrstoff (soluble solid content, heretter forkortet til SSC) og høyere innhold av syre, chalconaringenin og rutin. Det var ingen signifikante forskjeller mellom sortene i apiosyl rutin innhold. Sortsforskjellene er illustrert i figur 2.



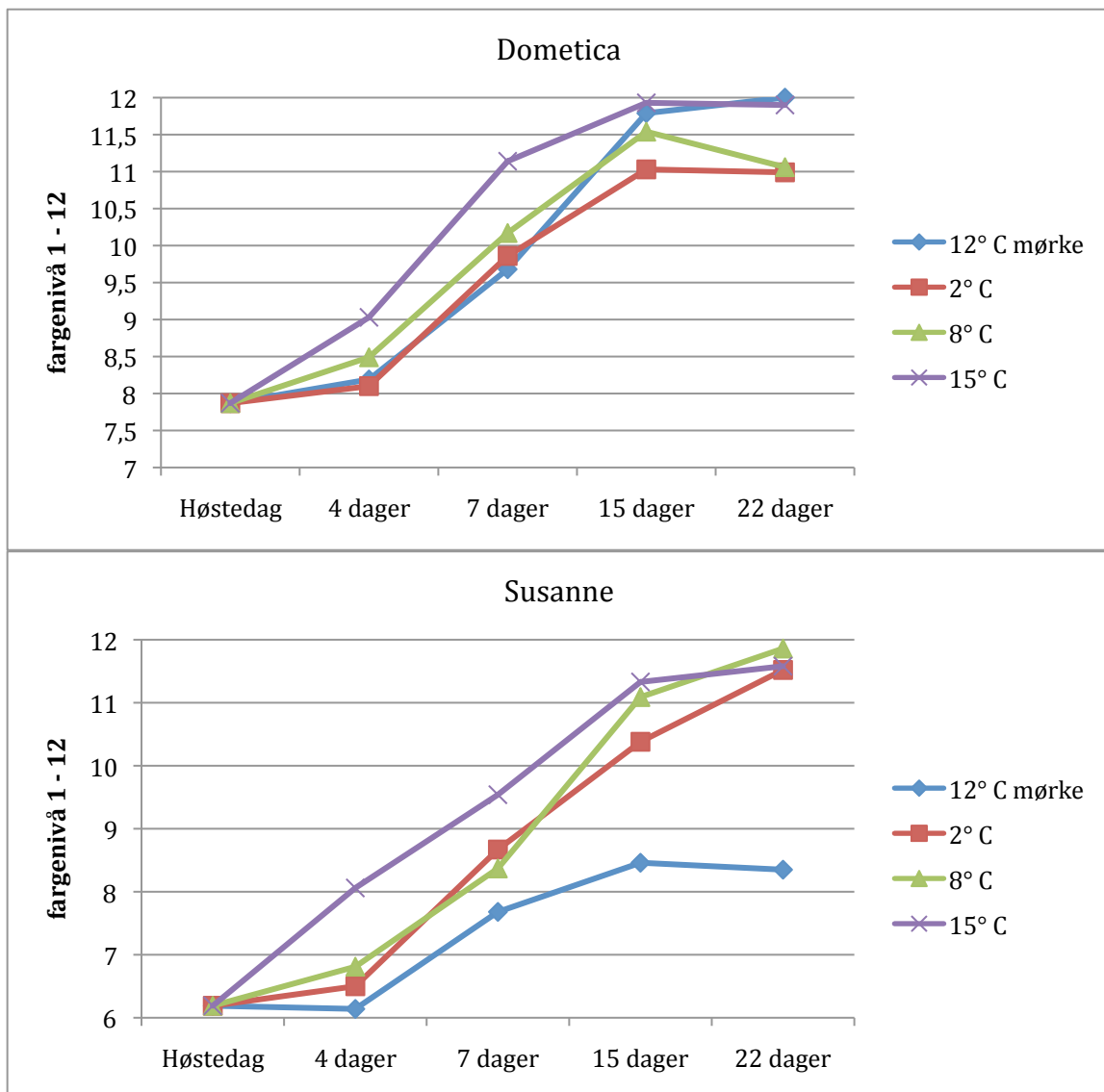
Figur 2: Forholdet mellom målte parametre i sortene Susanne og Dometica.

3.4 Effekt av temperaturbehandling på tomatkvalitet etter lagring og i butikk

Lagringstemperatur har ulik effekt på de målte kvalitetsparametre: farge, fasthet, løselig tørrstoff og syrenivå (Tabell 3).

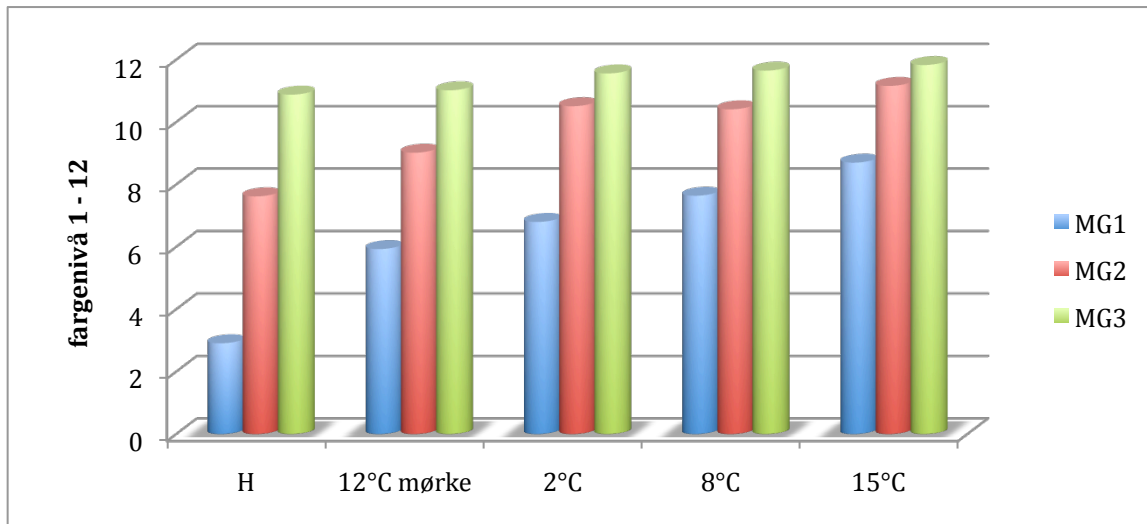
3.4.1 Fargenivå

Resultatene viser at temperatur rett etter høsting påvirker fargeutvikling hos tomat i butikk fra dag 4 til dag 22 (Figur 3). Høy temperatur de første dager etter høsting, førte til en rødere farge i butikk. Det var størst forskjell mellom lagringstemperaturene i sorten Susanne. Lagring ved 12°C i mørke reduserer fargeutviklingen i 'Susanne'.



Figur 3 : Virkning av lagringstemperatur i behandlingsperioden 0 – 4 dager, på fargenivå fra høsting til salg hos sortene Dometica og Susanne. Gjennomsnitt av tre modningsgrader.

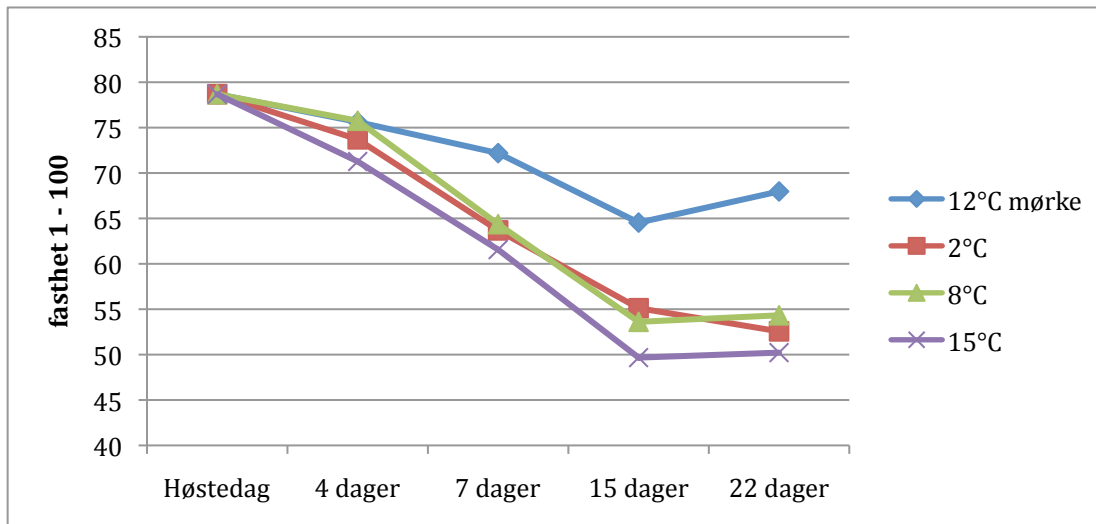
Figur 4 viser at fargeutviklingen var bedre ved høyere lagringstemperatur for MG1, mens det var minst for MG3. Lagring ved 12°C i mørke viste dårligst fargeutvikling for alle 3 modningsgrader.



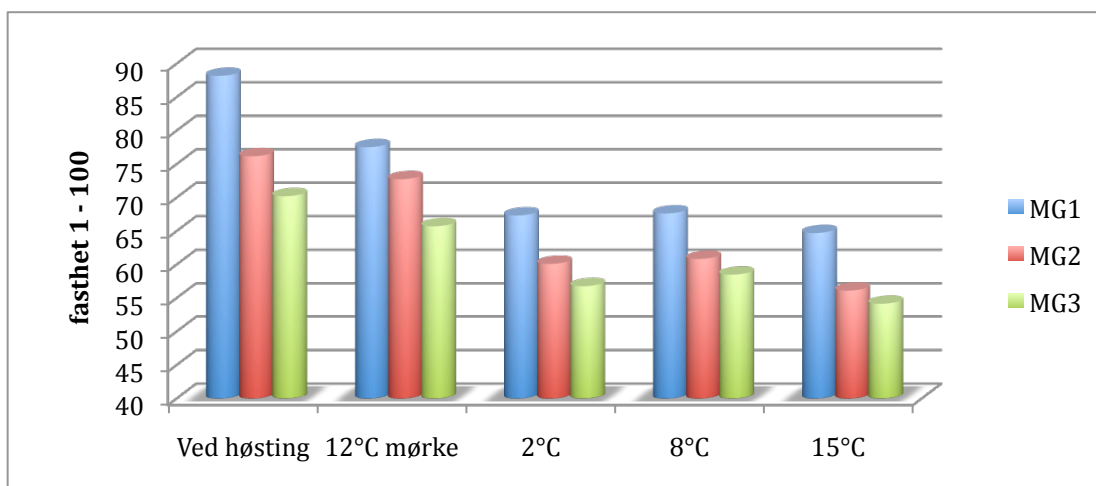
Figur 4: Virkning av modningsgrad og lagringstemperatur på fargenivå i butikk, sammenlignet med høstetid (H). Gjennomsnitt av fem uttak og to sorter.

3.4.2 Fasthet

Fastheten ble jevnt redusert fra høsting til dag 15. Fra fra dag 15 til dag 22 var en svak stigning som kan forklares med utgåtte paralleller i behandlingen. Alle tomater som viste tegn til råtning ble ekskludert fra forsøket underveis. Figur 5 viser at behandlingen 12 °C og mørke hadde høyest fasthet i alle uttak, mens behandlingen 15°C ga mykeste frukt, også i alle uttak. I forhold til høstetidspunkt sank gjennomsnittlig fasthet i alle behandlinger og modningsgrader. Figur 6 viser at behandlingen i 12°C og mørke skilte seg ut med de fasteste tomatene i alle 3 modningsgrader, mens de mykeste tomatene var de som ble lagret i den høyeste temperaturen, 15°C.



Figur 5: Virkning av lagringstemperatur på fasthet, fra høsting til salg. Gjennomsnitt av tre modningsgrader og to sorter.

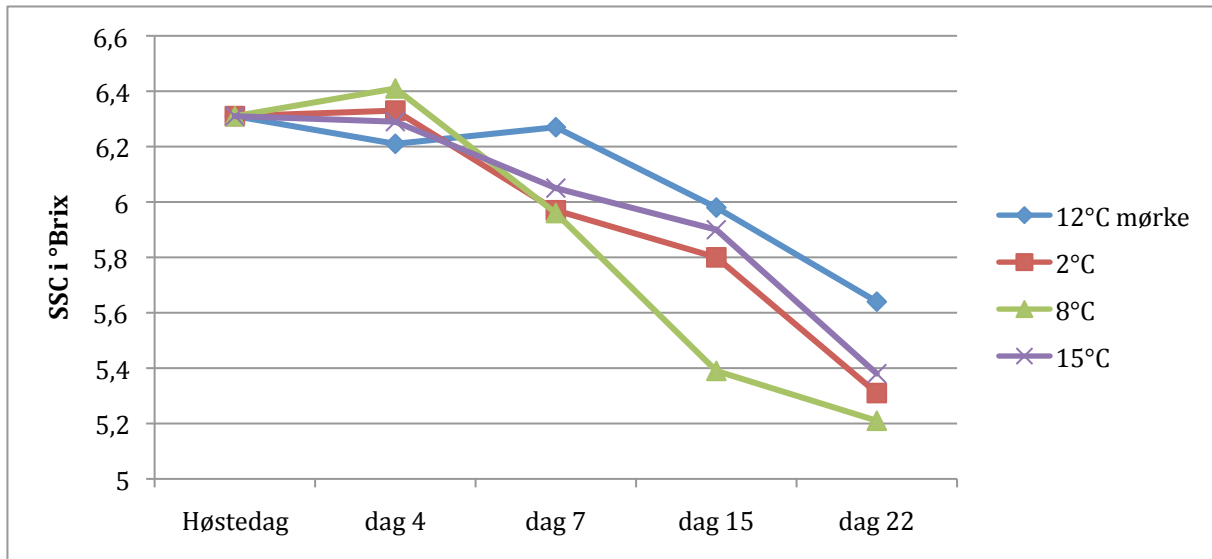


Figur 6: Virkning av modningsgrad og lagringstemperatur på fasthet i butikk, sammenlignet med høstetidspunkt. Gjennomsnitt av to sorter og fire uttak.

3.4.3 Løselig tørrstoff (SSC)

Sorten Susanne hadde et signifikant høyere SSC nivå sammenlignet med sorten Dometica (Tabell 3). Tomatene lagret ved 12°C og mørke hele perioden hadde signifikant høyere SSC nivå enn tomatene som ble flyttet til 'butikkklaring' under lys etter 4 dager, mens det ikke var signifikante forskjeller mellom tomatene lagret ved 2, 8

og 15°C (Figur 7). I alle temperaturer sank SSC nivået gjennom lagringsperioden. Frukt som ble høstet mer modne hadde også et signifikant høyere nivå av løst tørrstoff enn tomater høstet grønne (Tabell 3). Etter høsting og lagring sank SSC nivået i butikk like mye for alle tre modningsgrader (Data ikke vist).

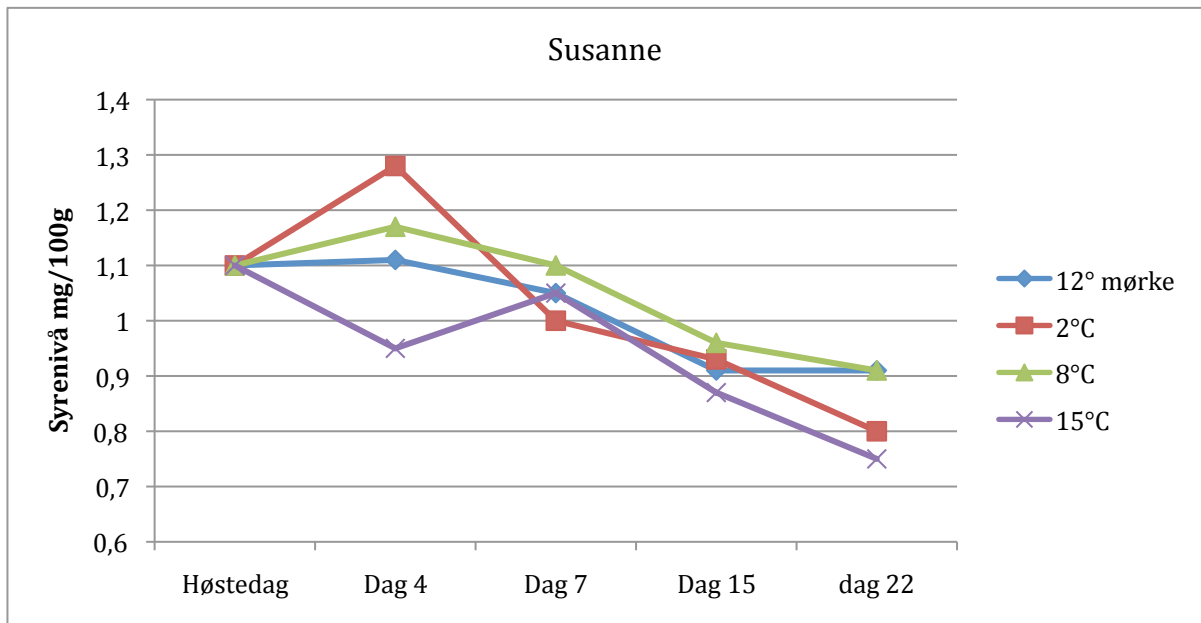
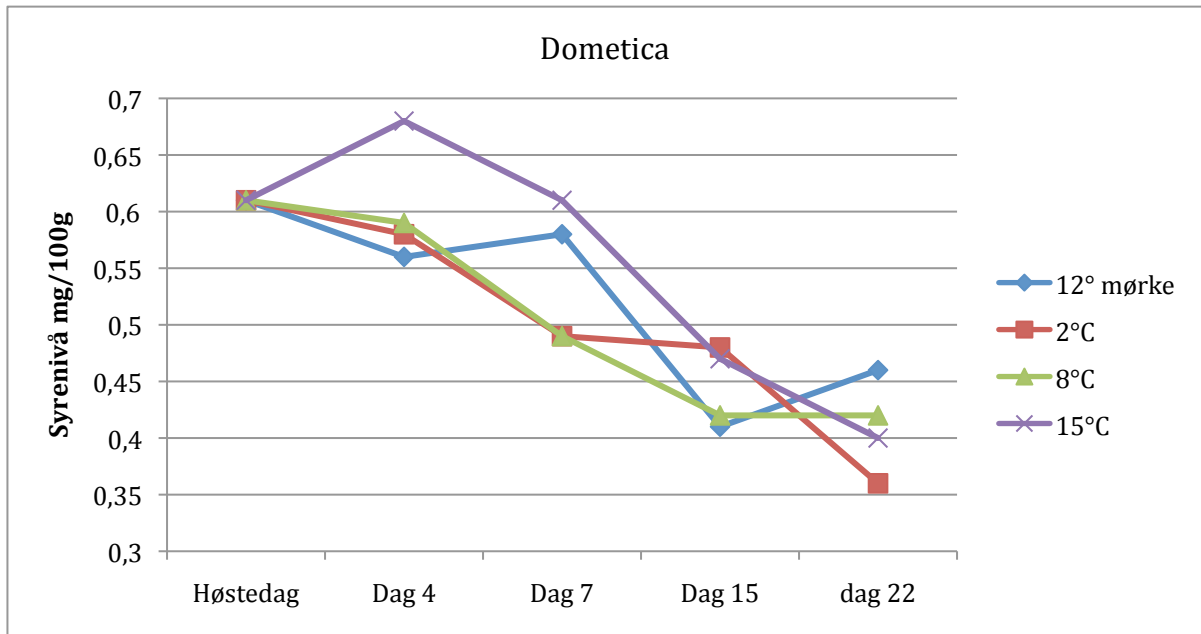


Figur 7: Virkning av modningsgrad og lagringstemperatur på SSC nivå i butikk, sammenlignet med høstetidspunkt. Gjennomsnitt av to sorter og fire uttak.

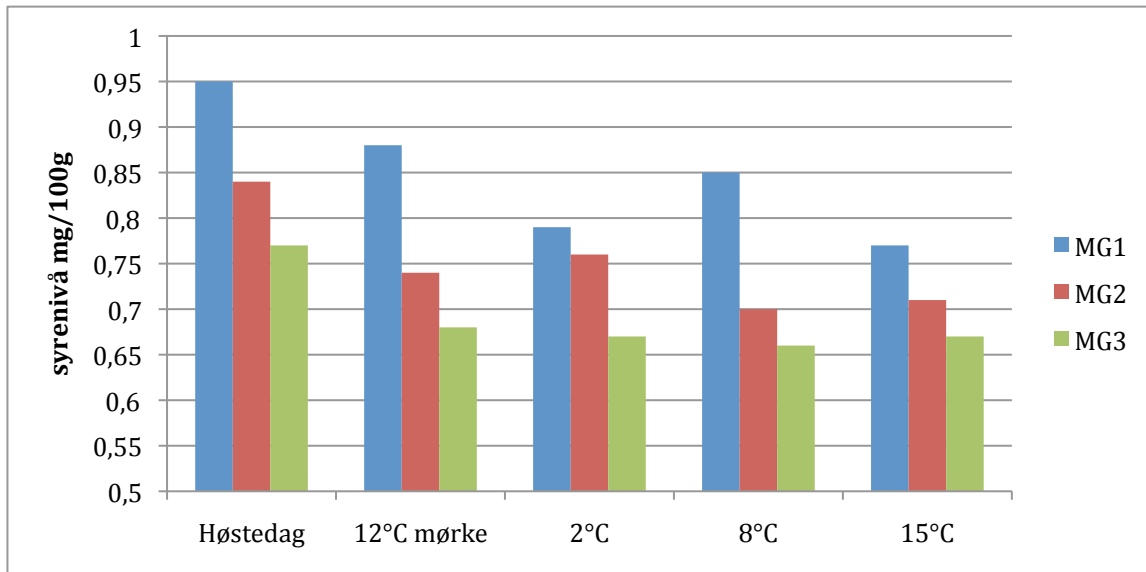
3.4.4 Titrerbar syre

Resultatene viser at sortene Susanne og Dometica reagerer forskjellig på lagringstemperatur de første dager etter i høsting i forhold til utvikling i syrenivå. For eksempel vil lav lagringstemperatur (2°C) de første dager etter høsting øke syrenivået, mens høy lagringstemperatur (15°C) reduserer syrenivået hos 'Susanne', mens nivået øker ved lagring i høy temperatur hos sorten Dometica (Figur 8). Figur 8 viser at syrenivået i tomat i butikk går ned over tid i begge sorter, og at det er stor variasjon dag 4, som er rett etter at temperaturbehandlingen er avsluttet.

Etter høsting sank syrenivået i alle behandlinger og modningsgrader. Figur 9 viser at tomatene lagret i 12°C og mørke hadde det høyeste syrenivået i alle tre modningsgrader..



Figur 8: Virkning av lagringstemperatur på syrenivå, fra høsting til salg. Gjennomsnitt av 3 modningsgrader.



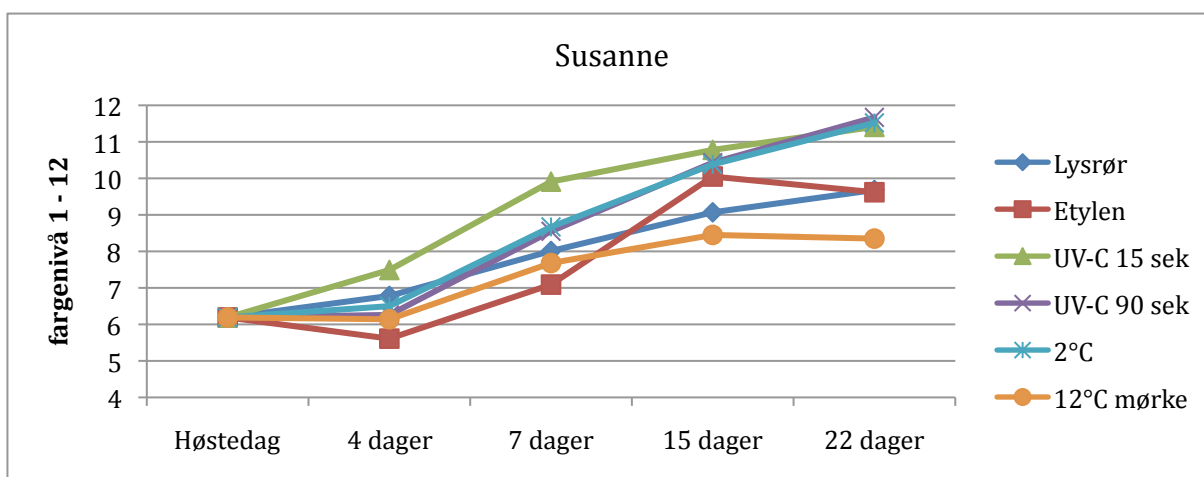
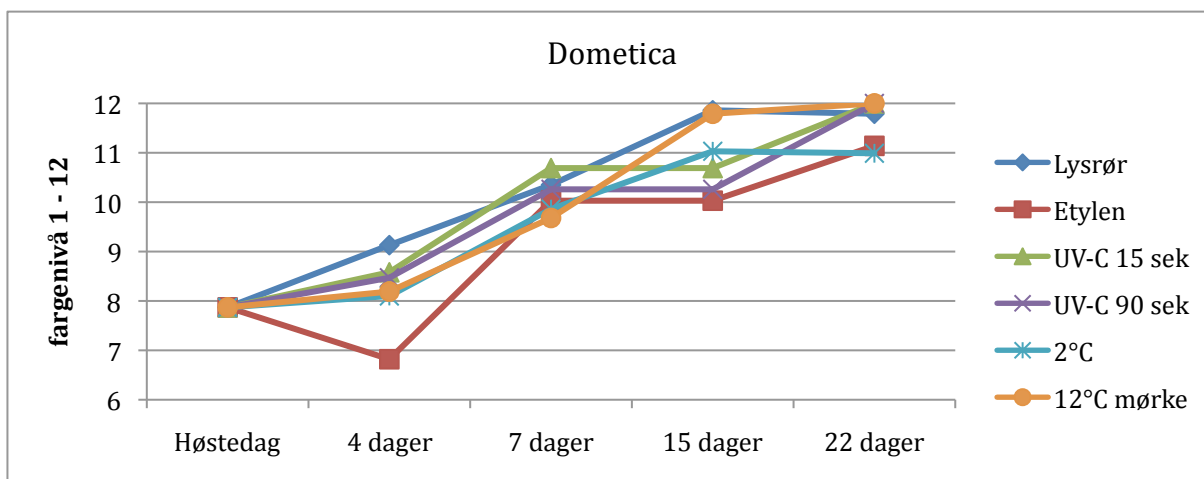
Figur 9: Virkning av modningsgrad og lagringstemperatur på syrenivå i butikk, sammenlignet med høstetidspunkt. Gjennomsnitt av 2 sorter og 5 uttak.

3.5 Effekt av eksponering for lys dirkete etter høsting, eksponering for etylengass og UV-C stråling på kvalitet hos tomat i butikk.

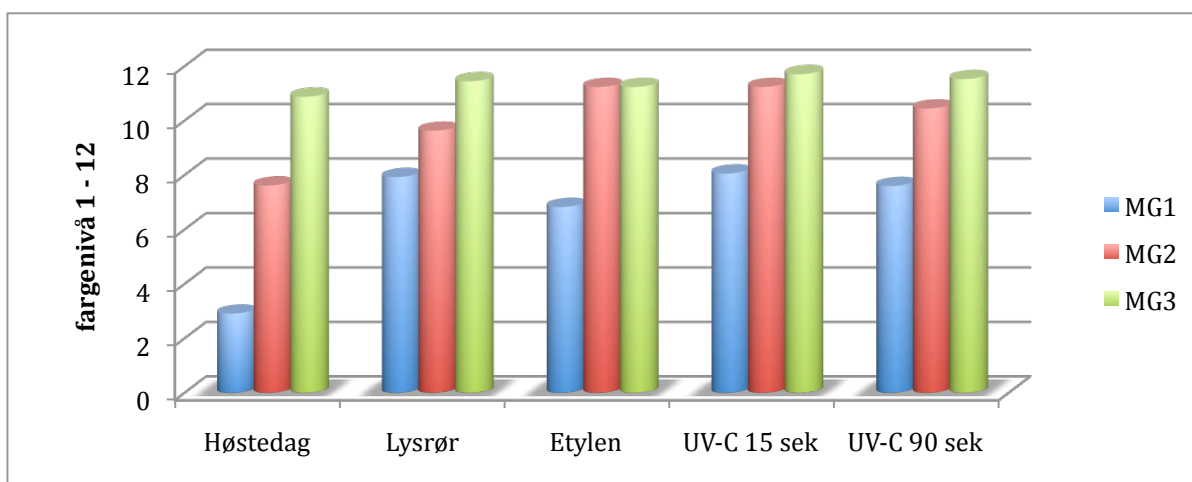
3.5.1 Fargenivå

Resultatene viser at sortene Dometica og Susanne reagerer forskjellig på behandlingene i forhold til utvikling av farge etter høsting. Figur 10 viser at begge sortene utviklet rødfarge gjennom lagringsperioden i alle behandlinger, og at behandlingene under lys og ved etylen eksponering skiller seg spesielt ut etter avsluttet behandling dag 4.

Sammenlignet med høstetidspunkt var det en markant, gjennomsnittlig økning i fargenivå i MG1 og MG2 i alle behandlinger (Figur 11). Tomatene lagret under lysrør og eksponert for UV-C stråling i 15 sek hadde største gjennomsnittlig økning i MG1, mens etylen-behandling og 15 sek UV-C stråling hadde den største økningen i fargenivå i MG2.



Figur 10: Virkning av lagringstemperatur på fargenivå, fra høsting til salg. Gjennomsnitt av alle modningsgrader.

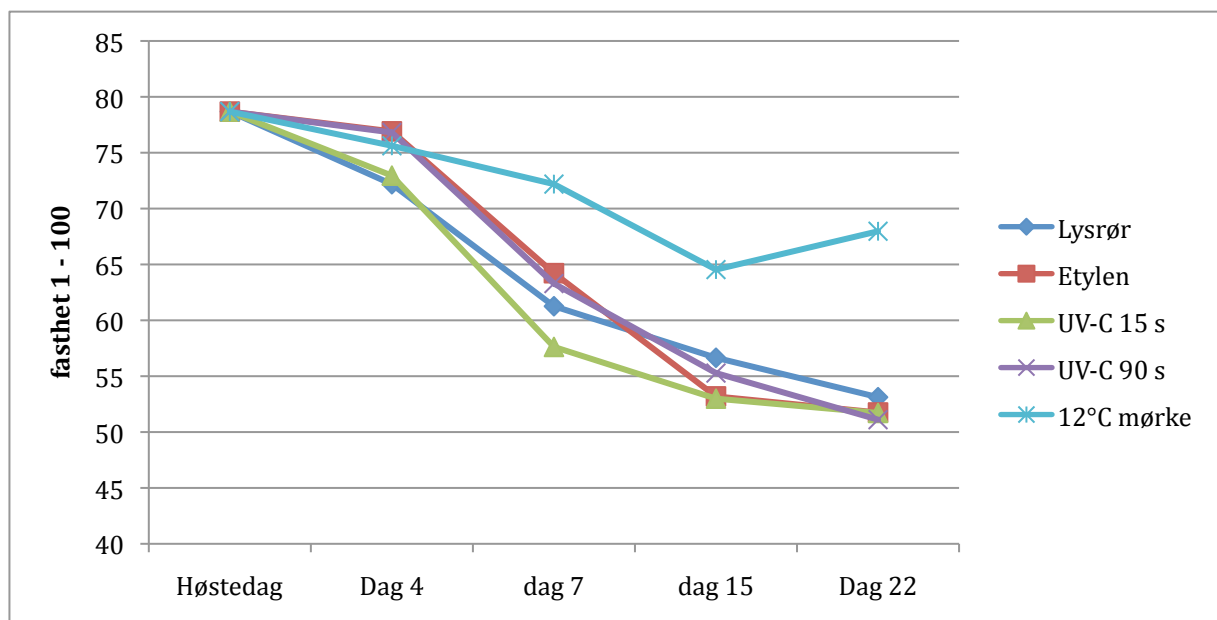


Figur 11: Virkning av modningsgrad og lagringstemperatur på fargenivå i butikk, sammenlignet med høstедag. Gjennomsnitt av begge sorter og alle uttak.

3.5.2 Fasthet:

Resultatene viser at lagring under lysrør og stråling i 15 sek med UV-C ga en svak nedgang i fasthet fra høsting til dag 4, mens det mellom tomatene eksponert for etylen og UV-C stråling i 90 sek ikke var signifikante forskjeller (Figur 12). Fra dag 4 til 7 var det en større nedgang i fasthet i alle behandlinger, videre til dag 15 var det fremdeles litt nedgang, og dag 22 er det ikke signifikante forskjeller mellom behandlingene. Dag 22 er det ingen signifikante forskjeller mellom behandlingene, dette kommer frem av tabell 3.

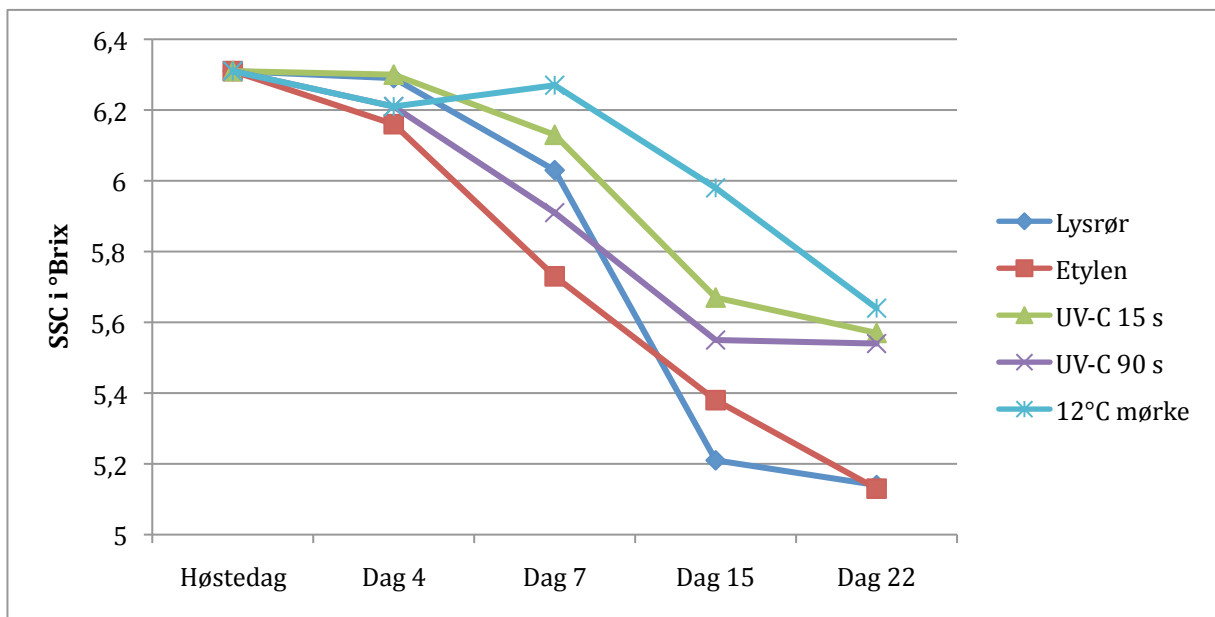
Sammenlignet med høstetidspunkt var det en gjennomsnittlig nedgang i fasthet i alle behandlinger og modningsgrader, men det er ingen signifikante forskjeller mellom behandlingene (Tabell 3).



Figur 12: Virkning av lagring under lys direkte etter høsting, eksponering for etylengass eller bestråling med UV-C i 15 eller 90 sekunder på fasthet fra høsting til salg. Gjennomsnitt av tre modningsgrader og to sorter

3.5.3 Løselig tørrstoff (SSC):

Tomatene lagret under direkte lys etter høsting skilte seg sammen med aom ble tomatene eksponert for etylen ut med de signifikant laveste SSC nivåene (Figur 13). Tomatene lagret ved 12°C og mørke hadde de høyeste SSC nivået gjennom perioden.

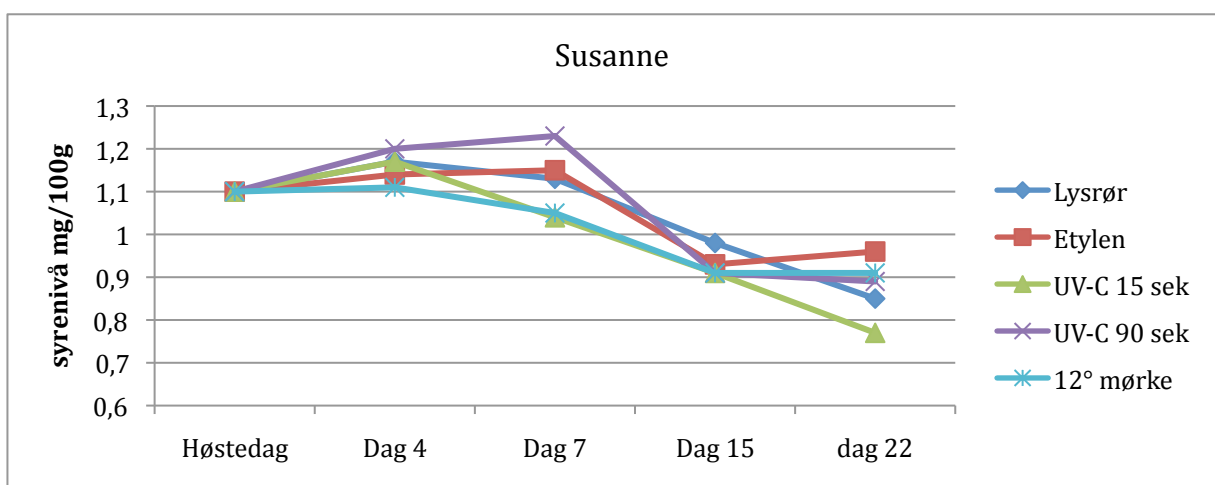
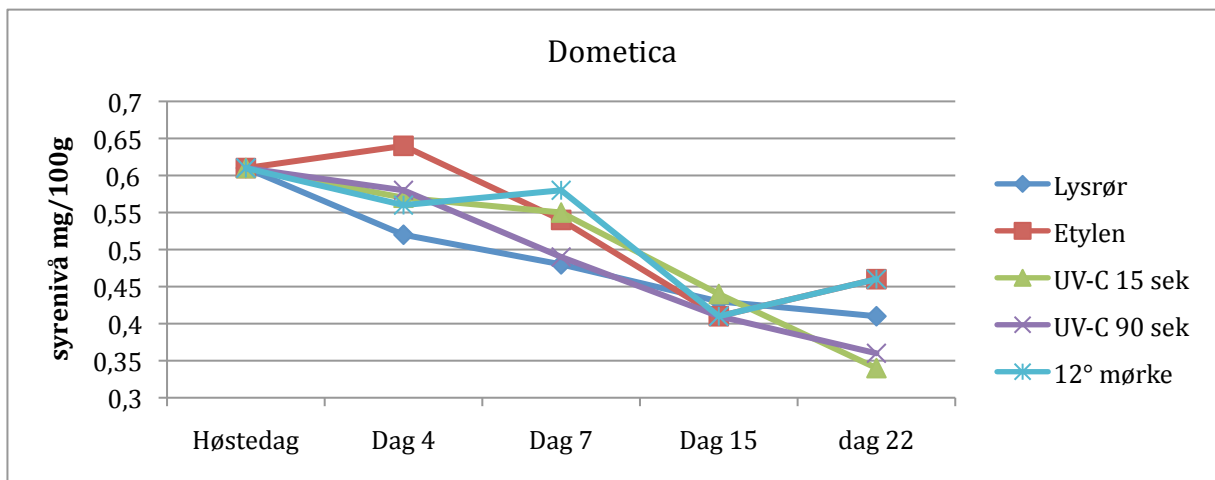


Figur 13: Virkning de forskjellige behandlinger på løst tørrstoff (SSC), målt i °Brix, fra høsting til salg. Gjennomsnitt av 3 modningsgrader og 2 sorter.

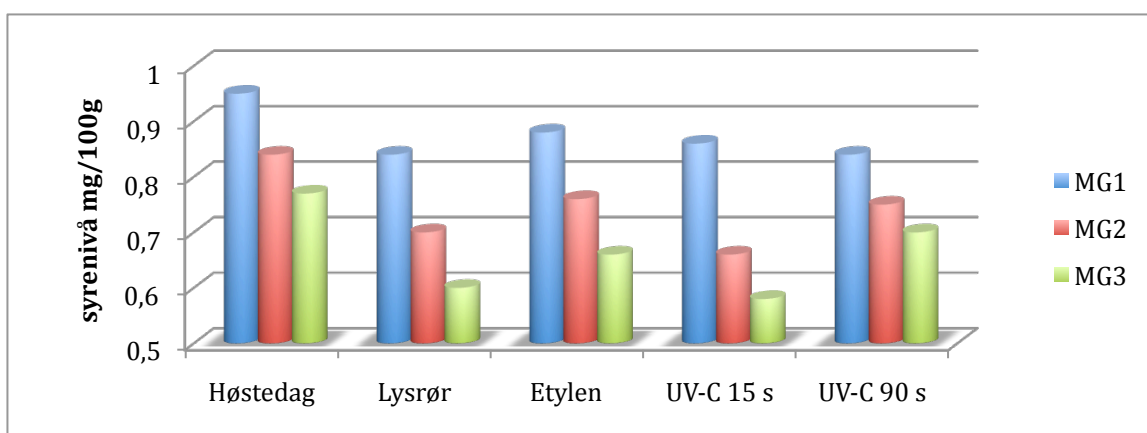
3.5.4 Titrerbar syre:

Resultatene viser at sortene reagerer forskjellig på lagring i 12°C og mørke, etylengasseksponering og bestråling med UV-C direkte etter høsting. Mens syreinnholdet i 'Dometica' kun har signifikant økning i tomatene eksponert for etylengass, stiger syreinnholdet i alle behandlinger i sorten Susanne. Etter 7 dager lagring synker syrenivået i alle behandlinger og begge sorter (Figur 14).

Sammenlignet med høsteday sank gjennomsnittlig syrenivå i alle behandlinger og modningsgrader, dette er illustrert i figur 15.



Figur 14: Virkning av de forskjellige behandlingene på syrenivå, fra høsting til salg. Gjennomsnitt av alle modningsgrader.

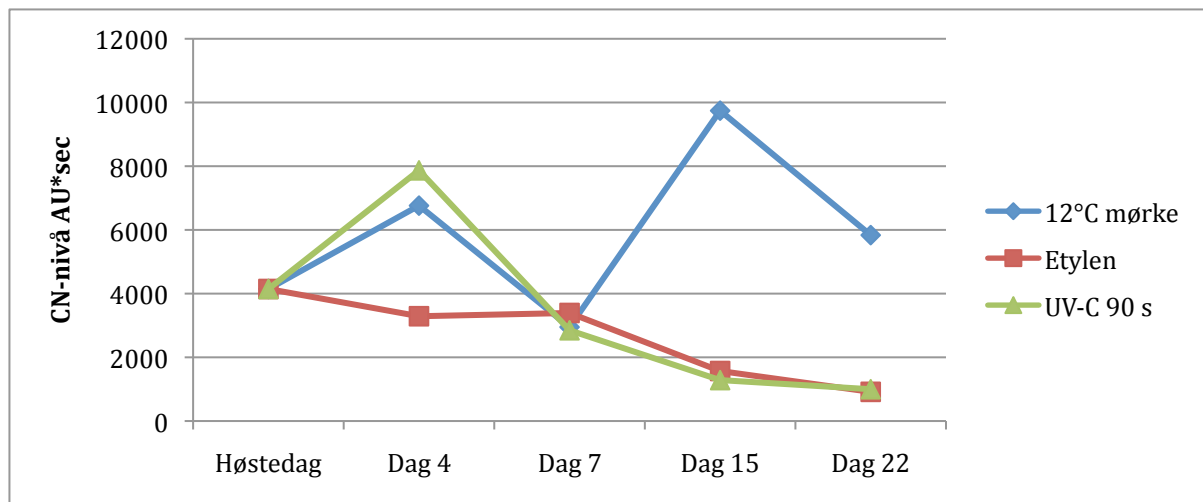


Figur 15: Virkning av modningsgrad og de forskjellige behandlingene på syrenivå i butikk, sammenlignet med høstetidspunkt. Gjennomsnitt av 2 sorter og 5 uttak.

3.6 Effekt av lagringstemperatur, etylen og UV-C stråling på innholdet av flavonoider og karotenoider.

3.6.1 Virkning på innhold av chalconaringenin (CN):

Figur 16 viser at behandling med 12°C og mørke resulterer i økt nivå av chalconaringenin ved salg, mens stråling i 90 sek med UV-C gir en midlertidig økning direkte etter behandling.



Figur 16: Virkning av de forskjellige behandlingene på chalconaringenin (AU*sec) fra høsting til salg. Gjennomsnitt av 2 sorter og alle 3 modningsgrader.

3.6.2 Virkning på innhold av rutin:

I rutin-nivå var det ingen signifikante forskjeller mellom behandling 12°C, eksponering for etylen og 90 sek UV-C stråling. I behandlingen 12°C og mørke ble nivået målt i alle 3 modningsgrader, heller ikke her var det signifikante forskjeller. Det var signifikant høyere rutin nivå i 'Susanne' sammenlignet med 'Dometica' (Tabell 3).

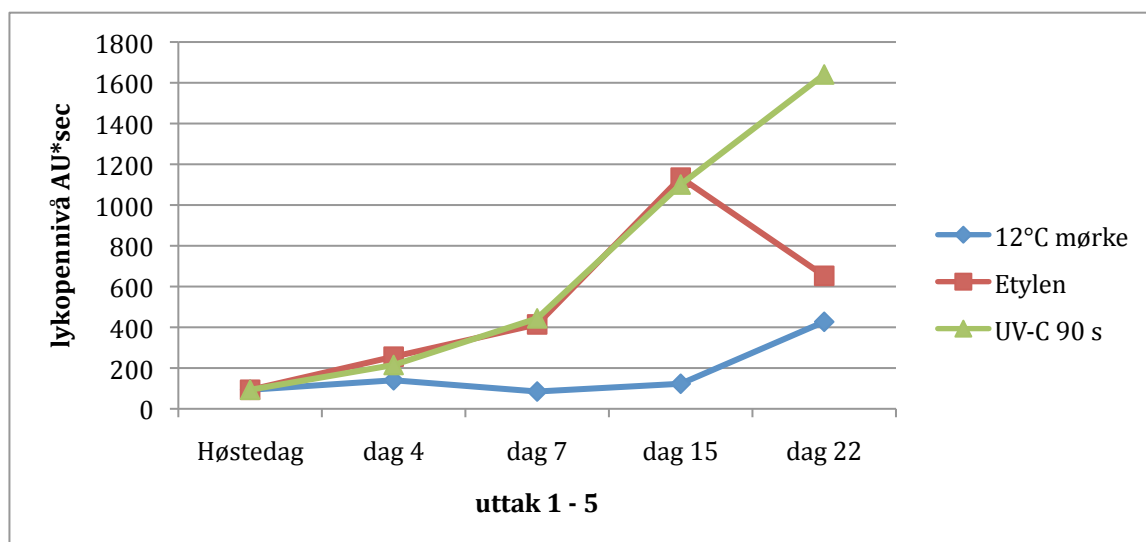
3.6.3 Virkning på innhold av apiosyl rutin:

I apiosyl rutin-nivå var det ingen signifikante forskjeller mellom behandling 12°C, eksponering for etylen og 90 sek UV-C stråling. I behandlingen 12°C og mørke ble nivået

målt i alle 3 modningsgrader, heller ikke her var det signifikante forskjeller. Det var signifikant høyere nivå av apiorutin i 'Dometica' sammenlignet med 'Susanne' (Tabell 3).

3.6.4 Virkning på innhold av lykopen

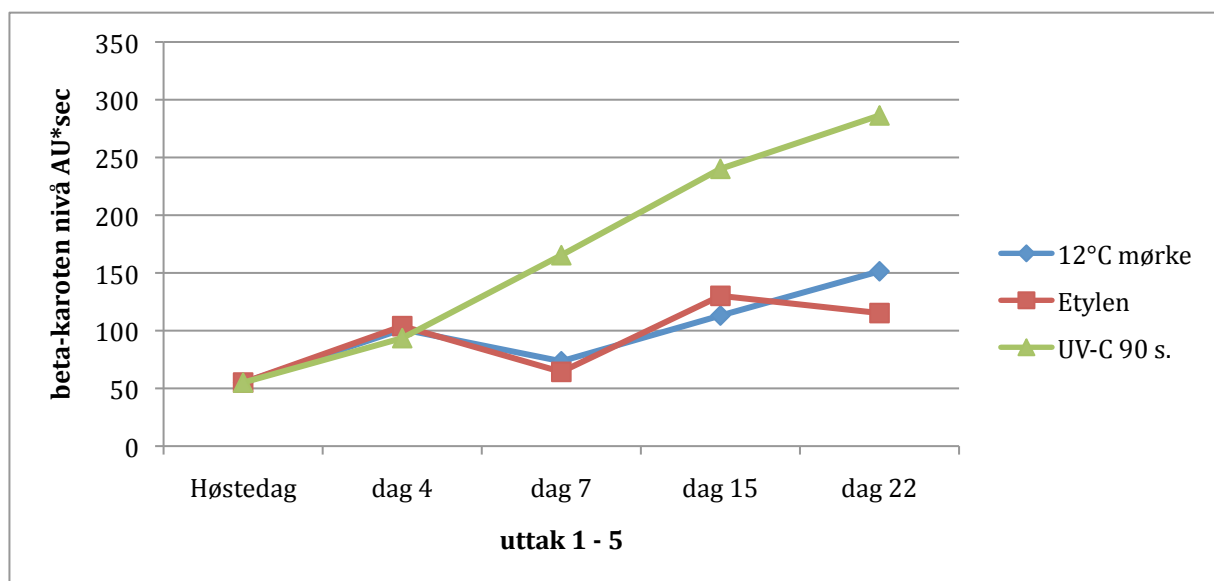
Det var signifikante forskjeller mellom de 3 behandlingene som ble analysert, tomater lagret ved 12°C og mørke, tomater eksponert for etylengass i 4 dager før 'butikkklagring' i 22°C og tomater bestrålt med UV-C i 90 sekunder før 'butikkklagring'. Tomatene lagret ved 12°C og mørke hadde det laveste nivået gjennom hele forsøksperioden, med kun en økning fra dag 15 til dag 22. Tomatene eksponert for etylen og tomatene bestrålt med UV-C hadde en lik økning fra behandlingen startet til dag 15. Etter dag 15 hadde tomatene eksponert for etylen en bratt reduksjon i lykopen-nivå, mens tomatene bestrålt med UV-C hadde en like bratt stigning, og dag 22 hadde tomatene bestrålt med UV-C over dobbelt så høyt lykopen-nivå som de 2 andre målte behandlingene (figur 17). Alle 3 modningsgrader fra tomatene lagret i 12°C, uten etylen eller UV-C, ble analysert, og forskjellen mellom modningsgradene er signifikant. Det høyeste nivået gjennom hele forsøksperioden var i tomatene høstet ved MG2, mens det laveste nivået var i tomatene høstet ved MG1 (Tabell 3). Også mellom sortene var det signifikante forskjeller, 'Susanne' hadde 3 ganger så høyt lykopen-nivå som 'Dometica' (Tabell 3).



Figur 17: Figuren viser lykopen-nivået (AU*sec) i tomatene lagret ved 12°C og mørke, tomatene eksponert for etylen og tomatene bestrålt med UV-C 90 s fra høsting til butikk. Gjennomsnitt av 2 sorter og 3 modningsgrader.

3.6.5 Virkning på innhold av β -karoten:

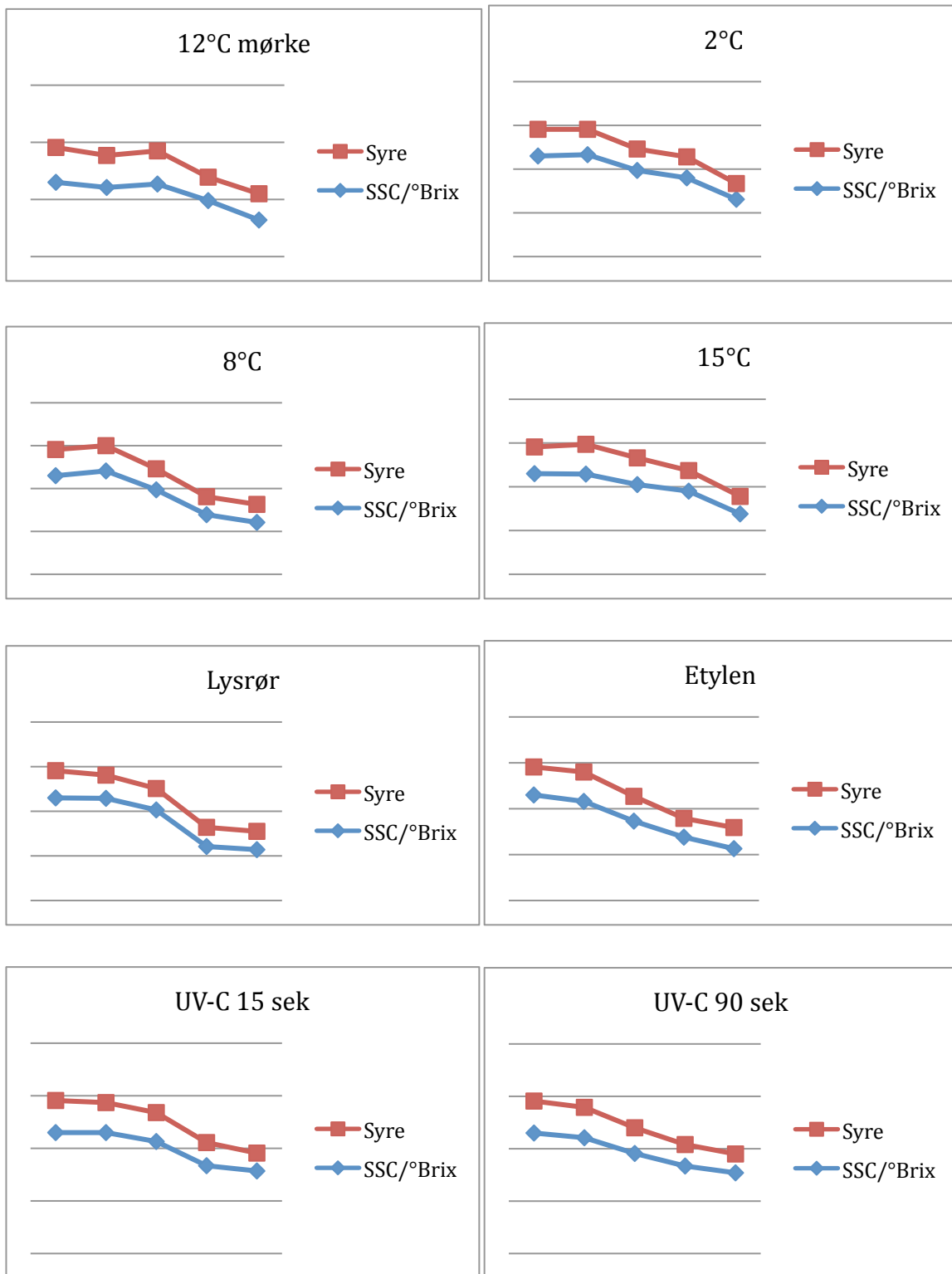
Tomatene bestrålt med UV-C skilte seg ut med en jevn stigning i β -karoten nivå fra høsting og gjennom hele forsøksperioden, og denne behandlingen hadde signifikant høyere nivå enn tomatene lagret ved 12°C og mørke, samt tomatene eksponert for etylengass. Det var en mindre stigning fra høsting til dag 22 også i tomatene lagret ved 12°C og tomatene eksponert for etylengass (Figur 18). Det var signifikant lavere β -karoten nivå i tomatene høstet ved MG1 enn tomatene høstet ved MG2 og 3 gjennom hele forsøket (Tabell 3). Sorten Susanne hadde signifikant høyere β -karoten nivå enn sorten Dometica (Tabell 3).



Figur 18: Illustrerer β -karoten nivået i tomatene lagret ved 12°C og mørke, tomatene eksponert for etylen og tomatene bestrålt med UV-C 90 s fra høsting til butikk.

3.7 Sammenheng mellom løst tørrstoff og syrenivå alle behandlinger

Resultatene viser at forholdet mellom sukker og syre holder seg jevnt gjennom hele lagringsperioden, men tomatene som ble lagret under lys de første dagene etter høsting skiller seg ut, med en annet forløp enn de andre behandlingene (Figur 19).



Figur 19: Forholdet mellom løst tørrstoff (SSC) målt i °Brix og syreinnhold (mg/100g) gjennom fra høsting (1. pkt.) til dag 22 (5. pkt.).

4. Diskusjon

4.1 Sortsforskjeller:

Det var signifikante sortsforskjeller i alle målte parametre, men ikke når det gjaldt innholdet av apiorutin. Susanne hadde høyere nivå enn Dometica av sukker og syre, flavonoider og karotenoider. Sortsforskjellene var i flere målte parametre større enn effekten av de forskjellige lagringsregimer. At innholdet av flavonoider og karotenoider er høyere i den minste sorten, kan forklares med at disse stoffene hovedsakelig finnes i tomatens skall, og at små tomater har større overflate i forhold til volum enn store tomater (Stewart et. al., 2000) (Hanslin & Verheul, 2003). Sorten Dometica utviklet rødest farge og beholdt fastheten best gjennom hele forsøket. Valg av sort kan derfor sies å være viktig med tanke på innholdsstoffer og kvalitet. At det bare var én stor, rund tomat-sort og én cherrytomat sort i forsøket gjør at det ikke kan gis en generell anbefaling om sortsvalg.

4.2 Effekt av lagringstemperatur på tomatkvalitet etter "transportbehandling" og lagring i "butikk"

Farge:

Resultatene viser at det er signifikant forskjell på fargeutvikling ved de forskjellige lagringstemperaturene, og sortene 'Dometica' og 'Susanne' reagerte forskjellig på behandlingene. Felles for begge sorter er at den høyeste lagringstemperaturen direkte etter høsting, 15 °C, ga raskest fargeutvikling. Et forsøk utført i Tyrkia (Batu, 2003) viser samme resultat, der hadde tomatene lagret ved 15 °C bedre fargeutvikling enn tomater lagret ved 13 °C. I det forsøket ble det observert kjøleskade på enkelte av tomatene lagret ved 13 °C, noe som får forfatteren til å stille spørsmålsteget ved om 12,8 °C er laveste sikre lagringstemperatur som tidligere hevdet (Batu, 2003). Frem til dag 15 var det jevn utvikling i farge for 'Dometica' lagret ved 2, 8 og 12 °C, mens utviklingen stanset ved lavere fargenivå ved temperaturene 2 og 8 °C. For cherrytomaten Susanne steg fargenivået i tomatene lagret ved 2 og 8 °C til samme nivå som tomatene lagret ved 15 °C etter 22 dagers lagring. Tomatene lagret ved 12 °C hadde en

signifikant lavere fargeutvikling, og fargenivået endret seg lite etter 7 dagers lagring. Lagringstemperaturen 12 °C skilte seg ut ved at tomatene ble lagret ved samme temperatur og i mørke gjennom hele forsøket. Dette tyder på at sorten Susanne er mer avhengig av lys og/eller høy temperatur for å fortsette modning etter høsting. I tidligere forsøk på cherrytomat er det vist at lagring ved 5 °C og lavere temperaturer bevarer kvaliteten, som farge og fasthet, på tomatene i opptil 18 dager, men dersom tomatene flyttes over til en høyere temperatur som er vanlig i butikkhyller, vil symptomer på kjøleskader, som råtning og misfarging forekomme (Cantwell et al., 2009). Tomater av ulik modningsgrad responderte også forskjellig på lagringstemperaturene. Tomatene høstet ved MG1 (gjennomsnitt av 2 sorter) oppnådde ikke et akseptabelt fargenivå i noen av lagringstemperaturene, med utgangspunkt i at forbrukeren ønsker dypt røde tomater, og bruker dette som kvalitetsindikator ved valg av tomat i butikk. Tomatene høstet ved MG2 oppnådde alle tilstrekkelig rød farge, men ikke den dype fargen tomatene høstet ved MG3 oppnådde, eller som de allerede hadde ved høstetidspunktet. I MG2 skiller behandlingen 12 °C seg ut med dårligst fargeutvikling, noe som kan indikere at tomater høstet ved MG2 er avhengig av høy lagringstemperatur og/eller lys for å modnes tilstrekkelig. Tomatene lagret ved 12 °C i mørke, har utviklet minst rødfarge av alle behandlinger.

Fasthet:

Fastheten til tomatene sank jevnt fra høstetidspunkt og gjennom lagringsperioden for 'Dometica' og 'Susanne' ved alle temperaturbehandlinger, og kan forklares med forandringer i celleveggenes komposisjon under modningsprosessen (Maharaj et al., 1999). Lagringen ved 12 °C og i mørke skilte seg ut med den høyeste fastheten gjennom hele forsøket, mens tomatene lagret ved 15°C før "butikklagring" hadde de minst faste tomatene. Det var ikke signifikante forskjeller mellom tomatene lagret ved 2 og 8°C. Forskjellene var signifikante ved lagringstemperaturene 12 °C og 15 °C, mens det ikke var signifikante forskjeller mellom tomatene lagret ved 2 °C og 8 °C. Disse resultatene skiller seg fra et forsøk fra 2000 (Maul et al., 2000), der det ikke ble funnet signifikante forskjeller på fasthet i tomater av sorten BHN-189 lagret ved 5, 10, 12,5 og 20 °C etter 12 dagers lagring, mens det i sorten Solimar kun var tomater lagret ved 20 °C som skilte seg ut ved å ha signifikant mindre faste frukter etter 12 dagers lagring.

Fra uttaket ved dag 15 og til dag 22 ser det ut som om fastheten øker for alle lagringstemperaturer, bortsett fra ved 2 °C. Dette er ikke en reell økning, men et resultat av utgåtte paralleller i forsøket. Alle tomater som hadde begynt å råtne ble ekskludert gjennom lagringsperioden, for å unngå at råtningsangrepene spredde seg. De ekskluderte tomatene ville senket gjennomsnittlig fasthet ved uttaket dag 22. Fastheten sank i alle modningsgrader, og tomatene høstet ved MG1 hadde høyest fasthet fra høsting og til siste uttak dag 22. Tomatene lagret ved 12 °C og mørke gjennom hele lagringsperioden hadde de fasteste tomatene i alle modningsgrader, noe som indikerer at fasthet påvirkes negativt av lyseksponering under lagring.

Løst tørrstoff:

Sorten Susanne hadde signifikant høyere innhold av løst tørrstoff enn sorten Dometica, mens det ikke var signifikante forskjeller mellom de tre modningsgradene. Store sortsforskjeller og liten forskjell mellom forskjellige modningsgrader ved høsting er også beskrevet i tidligere forsøk utført av Klein et al. (2010). Innholdet av løst tørrstoff sank signifikant fra høsting og til siste uttak dag 22. Det var ingen signifikante forskjeller mellom modningsgradene ved høstetidspunkt. I tidligere forsøk er det funnet høyere innhold av løst tørrstoff i tomater høstet grønne utover i lagringsperioden, og spesielt stor økning når tomatene utvikler gule pigmenter (Batu, 2003). I dette forsøket var det heller ikke signifikante forskjeller mellom de 3 forskjellige behandlingstemperaturene ("transportregimene") 2, 8 og 15 °C, mens tomatene som ble lagret i mørke og 12°C hele perioden hadde det signifikant høyeste SSC nivået. I et forsøk fra USA der tomater ble lagret ved 5, 10, 12,5 og 20 °C, hadde tomatene lagret ved den høyeste temperaturen signifikant lavere innhold av løselig tørrstoff enn tomatene lagret ved temperaturer ved 5 og 10 °C etter 12 dager (Maul et al., 2000). Interessant ved det forsøket var at et smakspanel vurderte tomater av sorten BHN-189 lagret ved 5 °C og tomater av sorten Solimar lagret ved alle temperaturer under 20 °C som mindre søte enn tomatene lagret ved høyere temperatur, noe som ikke kunne forklares med sukkernivået. Forfatterne fant i litteratur (Jones & Scott, 1984) beskrivelser av at syrenivå påvirker forbrukerens oppfatning av sødme i større grad enn sukkerinnhold påvirker oppfatningen av syrlighet, og påpeker at høyt syrenivå i tomatene lagret ved 5 og 10 °C kan være årsaken

til resultatet av smakstesten. Også Cantwell et al. (2009) fant i et forsøk gjort i cherrytomat reduksjon av løst tørrstoff i alle lagringstemperaturer (5, 10, 20°C) gjennom lagringsperioden.

Titreerbar syre:

Sortene Dometica og Susanne responderte forskjellig på de 4 behandlingstemperaturene etter høsting, og det var signifikante sortsforskjeller i syrenivå gjennom hele forsøksperioden. Klein et al. (2010) beskriver også store sortsforskjeller i et sortforsøk, men i det forsøket var kun små forskjeller mellom modningsgradene ved høsting. I vårt forsøk var det signifikante forskjeller mellom alle 3 modningsgrader, syrenivået var høyest ved MG1 og lavest ved MG3. Denne forskjellen kan forklares med at det kun var 4 dagers forskjell på høstetidspunkt i forsøket til Klein et al., mens det her var 7 dagers forskjell i modning mellom hver av modningsgradene. I sorten Dometica var det signifikant økning i syrenivået de første 4 dager etter høsting der tomatene ble lagret ved 15 °C, mens syrenivået sank signifikant ved lagring ved 2 °C. Denne reaksjonen er motsatt for sorten Susanne, som hadde en signifikant økning i syrenivå ved lagring i 2 °C direkte etter høsting, og en tilsvarende reduksjon ved 15 °C. Felles for begge sorter var at syrenivået sank for alle temperaturbehandlinger gjennom lagringsperioden i "butikk", der temperaturen var 22 °C og det var lyseksponering hele døgnet. At syrenivået synker fra høsting og gjennom lagringsperioden er beskrevet i tidligere forsøk (Batu, 2003), der reduksjonen forklares med reduksjon av totalt oppløst tørrstoff og tomatens naturlige metabolisme. Også i forsøk gjort på cherrytomat (Cantwell et al., 2009) lagret ved 5, 10 og 20°C sank syrenivået gjennom lagringsperioden, og den største reduksjonen var i tomatene lagret ved 20°C.

4.3 Effekt av eksponering for lys direkte etter høsting, eksponering for etylengass og UV-C stråling på kvalitet hos tomat i butikk.

Fargenivå:

Lysbehandling:

Sortene Dometica og Susanne reagerte forskjellig på eksponering for lys døgnet rundt de første 4 dager etter høsting ("transportperioden"). Mens 'Dometica' utviklet den dypeste rødfargen i fargeprøven (12 av 12) etter 15 dager, stagnerte fargeutviklingen hos Susanne på et lavere nivå etter samme periode. I sorten Susanne var det et lavere gjennomsnittlig fargenivå ved høsting som forklarer noe av forskjellene, men prosentvis hadde 'Dometica' likevel større økning i fargenivå (33 % mot 25 % hos 'Susanne'). Fargeforskjeller mellom sorter høstet ved samme modningsgrad er beskrevet i litteratur tidligere (Molyneux et al., 2004).

Etylen-eksponering:

Det var en signifikant stigning i fargenivå i begge sortene etter eksponering for etylengass. Etylengass produseres av klimakteriske frukter og grønnsaker, som epler, pærer, avokado og tomat under modning. Dette er et modningshormon som fører til fysiologiske endringer som mykning, utvikling av fargepigmenter og aromastoffer (Fujisawa et al., 2011). Tomater kan bli utsatt for en ytre eksponering av etylengass ved samtransport med andre klimakteriske frukter, som epler og pærer. I forsøket ble tomatene som ble eksponert for etylengass de fire første dager etter høsting, lagret ved 2 °C og mørke denne perioden, så det er temperaturbehandlingen 2 °C som behandlingen med etylengass sammenlignes med. I sorten Dometica var utviklingen av rødfarge lik for tomatene eksponert for etylengass som for tomatene lagret ved 2 °C uten etylengasseksponering. I sorten Susanne oppnådde ikke tomatene utsatt for etylengass samme rødfarge som tomatene lagret ved 2 °C, og i følge resultatene stagnerte fargeutviklingen etter 15 dager. Dette kan forklares med at alle prøvene i MG3 var ekskludert fra forsøket før uttaket dag 22 pga råtning. Hadde disse tomatene blitt vurdert ville fargenivået trolig steget fra dag 15 til 22. At tomatene eksponert for etylen ble utsatt for råtning, men ikke tomatene lagret ved samme forhold uten ytre etyleneksponering, tyder på at sorten Susanne kan ha dårligere holdbarhet ved lagring dersom de blir utsatt for etylengass under transport. At etylenproduksjonen tomatene

selv står for også gjør at modningsprosessen går raskere og er en medvirkende årsak til tomatens korte holdbarhet, har vært utgangspunkt for forskning der man har prøvd å hemme eller stanse etylenproduksjonen ved tilførsel av 1-methylcyclopropene (Opiyo & Ying, 2005), som er en etylen antagonist, og methyl jasmonate (Siripatrawan & Assatarakul, 2009), som hemmer etylenutviklingen. I forsøk hemmet tilførsel av 1-methylcyclopropene etylenproduksjonen, noe som har gjort at mykningsprosessen og fargeutvikling har gått saktere (Opiyo og Ying, 2005).

UV-C stråling:

UV-C stråling er i utgangspunktet skadelig for planter, men kan gi gunstige effekter ved stråling i lave doser. Fenomenet kalles *hormensis*, og er betegnelsen på generelt gunstige biologiske responser på lave eksponeringer av miljøgifter og andre stressfaktorer. Forskning har vist at UV-C stråling av tomat etter høsting og før lagring har gitt tomatene bedre holdbarhet og en saktere utvikling av farge (Maharaj et al., 1999; Maharaj et al., 2010), noe som er observert for både sortene Dometica og Susanne i dette forsøket. Etter 15 dagers lagring har både 'Dometica' tomatene som har blitt bestrålt i 15 og 90 sekunder med UV-C utviklet et signifikant lavere nivå av rødfarge enn tomatene som er lagret ved 2, 8, 12 og 15 °C, mens tomatene behandlet med 15 og 90 sekunders UV-C stråling av sorten Susanne har utviklet mindre rødfarge enn tomatene lagret ved 8 og 15 °C. I forsøket til Maharaj et al. (1999) ble tomater eksponert for UV-C stråling i 2 forskjellige doser (0, UV – $3.7 \times 10^3 \text{ J m}^{-2}$ og UV- $24.4 \times 10^3 \text{ J m}^{-2}$), der begge behandlingene utviklet rødfarge saktere enn kontrolltomatene. Behandlingen UV- $24.4 \times 10^3 \text{ J m}^{-2}$ ga i løpet av lagringsperioden brune områder og fruktene modnet ikke tilfredsstillende.

Fasthet:

Lagring under direkte lys:

Tomatene lagret under direkte lys og ved 12 °C de 4 første dager etter høsting ble mykere gjennom lagringsperioden. Det var ingen signifikante forskjeller fra tomatene som ble lagret i mørke de første 4 dager etter høsting samlet gjennom hele forsøksperioden, men umiddelbart etter avsluttet behandling dag 4, før tomatene ble flyttet til 'butikklagring', var tomatene

lagret under lys mykere enn tomatene lagret ved samme temperatur (12 °C) i mørke. Tomatene som ble lagret ved 12 °C og i mørke beholdt fastheten best gjennom hele forsøket, mens tomatene flyttet til 'butikklagring' var signifikant mykere. Dette indikerer at lagring under lys rett etter høsting gir en effekt i form av mykere tomater, men denne effekten forsvinner utover i forsøket sammenliknet med tomater lagret i mørke etter høsting og som flyttes til høyere temperatur (22 °C) og direkte lys som var forholdene i 'butikklagring'.

Etyleneksponering:

Også tomatene eksponert for etylen blir mykere gjennom hele forsøksperioden. Det er ikke signifikante forskjeller på tomatene eksponert for etylengass og lagret ved 2 °C de første 4 dager etter høsting, før 'butikklagring', og tomatene lagret ved 2 °C uten ytre etyleneksponering. Dette kan indikere at tomater eksponert for etylengass, f.eks under transport, ikke blir raskere myke i butikkhyllene enn tomater som ikke blir utsatt for etylengass.

UV-C stråling:

I tidligere forsøk i tomat er det funnet at stråling med UV-C gir fastere tomater enn ubehandlede tomater høstet ved samme modningsgrad (Maharaj et al. 1999) (Stevens, 2004) (Liu et al., 2008). I forsøket til Maharaj et al. (1999) myknet kontrolltomatene raskere enn tomatene behandlet med 2 forskjellige UV-C doser i lagringsperioden på 28 dager. Resultatene i dette forsøket skiller seg fra disse resultatene, ved at det ikke er signifikante forskjeller i fasthet mellom tomatene bestrålt med UV-C i 90 sekunder (lagret ved 12 °C i mørke de 4 første dager etter høsting), og tomatene lagret ved 2 og 8 °C uten UV-C eksponering. Tomatene bestrålt med UV-C i 15 sekunder var derimot signifikant mindre faste enn alle temperaturbehandlinger uten UV-C eksponering, bortsett fra tomatene lagret ved 15 °C, som hadde samme fasthet. Tomatene eksponert for UV-C stråling ble lagret sammen med tomatene som ble oppbevart ved 12 °C og i mørke de 4 første dagene etter høsting og før butikk simulering. Dag 4 var tomatene eksponert for UV-C stråling i 15 sekunder, signifikant mindre faste enn tomatene

eksponert for UV-C stråling i 90 sekunder og tomatene lagret ved samme temperatur, uten UV-C stråling. Da tomatene ble flyttet over i klimarommet der man simulerte butikklagring, ble tomatene bestrålt i 9 sekunder raskere myke enn tomatene bestrålt i 90 sekunder, og det var signifikante forskjeller ved dag 7. Tomatene ble raskt mykere under 'butikklagring', og forskjellene mellom 15 og 90 sekunders behandlingene med UV-C var jevnet ut ved dag 15 og 22. Resultatene viser ikke signifikante forskjeller i fasthet mellom tomatene lagret ved 2 og 8 °C, uten bestråling, og tomatene bestrålt med UV-C i 15 og 90 sekunder. Tomatene lagret ved 12 °C og i mørke under hele forsøket skiller seg ut med de fasteste tomatene og tomatene lagret ved 15 °C de 4 første dager etter høsting har signifikant mykere tomater gjennom forsøket. At tomatene lagret ved 12 °C og i mørke er mye fastere enn tomatene lagret i 'butikk' indikerer at direkte lys og høy temperatur akselererer mykningsprosessen.

Det forskes på UV-C stråling for å bekjempe plantepatogener etter høsting, som et alternativ til behandling med varmt vann. Varmtvannsbehandling akselererer modning i flere arter, men er effektiv for å bekjempe soppangrep, og brukes ved import av frukt til for eksempel USA. Dette er bakgrunnen for et forsøk med mango, for å se hvordan UV-C stråling påvirket holdbarhet og kvalitet ved lagring i 5 og 20 °C (Gonzalez-Aguilar, 2001). I forsøket med mango var fruktene utsatt for UV-C stråling fastere enn kontrollfruktene gjennom forsøket. At dette forsøket skiller seg fra tidligere forsøk med UV-C stråling kan skyldes tidsintervallene som ble benyttet. I dette forsøket ble tomatene bestrålt i 15 og 90 sekunder, mens i forsøket med mango var intervallene på 10 og 20 minutter. Dette kan indikere at 15 og 90 sekunder er for kort tid til å gi effekter på mykningsprosessen. Også forsøk gjort i shiitakesopp (Jiang et al., 2010) viser at soppen bevarer fastheten lengre etter UV-C stråling, og UV-C blir ansett som et god, ikke-kjemisk metode for bevaring av sopp etter høsting.

Løst tørrstoff (SSC):

Lagring under lys:

Tomaten lagret under direkte lys har signifikant lavere nivå av løst tørrstoff enn tomatene som ble lagret i mørke etter høsting. At tomatene som ble lagret i mørke i 4

dager etter høsting har signifikant høyere nivå av løst tørrstoff, kan tyde på at tomatens modningsprosess aksellererer ved eksponering for direkte lys direkte etter høsting. Gautier et al. (2008) beskriver reduksjon i SSC nivå under lagring, men der ble det ikke funnet sammenheng mellom lagring i lys og reduksjon av SSC.

Etyleneksponering:

Nivået av løst tørrstoff sank jevnt fra høsting til siste uttak dag 22. Det er signifikant lavere nivå av løst tørrstoff i tomatene som ble eksponert for etylengass, enn i tomatene uten denne eksponeringen. Kun tomatene lagret under lys etter høsting hadde en tilsvarende lavt nivå. Dette kan forklares med at etylen fremmer modning av fruktene.

UV-C stråling:

Nivået av løselig tørrstoff sank jevnt gjennom forsøksperioden. Dag 22 hadde tomatene bestrålt med UV-C i 15 og 90 sekunder litt høyere nivå av løselig tørrstoff enn tomatene lagret under samme forhold i 'butikklagring' fra dag 4, men disse forskjellene var ikke signifikante. I forsøk har mango behandlet med UV-C stråling i 20 min høyere gitt høyere sukkerinnhold enn kontrollfruktene, mens 10 min UV-C stråling, som var det optimale tidsintervallet i forhold til generell kvalitet ga samme sukkernivå som kontrollfruktene (Gonzalez-Aguilar, 2001) . Heller ikke i Lingegowdarus forsøk (2007) var det signifikante forskjeller i løselig tørrstoff mellom tomater bestrålt med UV-C og kontrollgruppen. Dette kan bety at bestråling med UV-C ikke påvirker nivået av løselig tørrstoff i tomat.

Titrerbar syre:

Lagring under lys:

Sortene Dometica og Susanne reagerte forskjellig på lagring under lys direkte etter høsting. Mens syrenivået sank de 4 dagene med lysbehandling i 'Dometica', var det en økning i nivået hos 'Susanne' i forhold til tomatene lagret ved samme forhold (12 °C) i mørke. Da tomatene ble flyttet over i 'butikklagring' dag 4 sank syrenivået i begge sorter

resten av forsøksperioden. Sortene reagerer forskjellig på lagring under lys, men forholdet mellom syre/løselig tørrstoff er likt for begge sorter. LITTERATUR

Etyleneksponering:

Syrenivået steg i begge sorter under etyleneksponering. Denne effekten varte til dag 4 i sorten Dometica og til dag 7 i sorten Susanne. Det er ikke signifikante forskjeller i gjennomsnittlig syrenivå for tomatene eksponert for etylengass i sorten Dometica gjennom forsøksperioden, og i sorten Susanne er det kun signifikante forskjeller for tomatene lagret under 15 °C, som skiller seg ut med det laveste syrenivået i forsøket.

UV-C stråling:

Det var større forskjeller mellom sortene Dometica og Susanne, enn mellom tomatene utsatt for UV-C stråling, og tomatene som ikke ble bestrålt. Tomatene bestrålt med UV-C i 15 sekunder har signifikant lavere gjennomsnittlig syrenivå gjennom forsøksperioden der tomatene ble høstet ved modningsgrad 2 og 3, noe som samsvarer med forsøk gjort i mango (Gonzalez-Aguilar, 2001), der stråling med UV-C ga signifikant senkning av syrenivå i forhold til kontrollfrukter ved stråling i 20 minutter, mens ved 10 minutters stråling har syrenivået vært likt som kontrollfruktene. Heller ikke Lingegowdaru (2007) fant signifikante forskjeller på syrenivå i tomater bestrålt med UV-C og kontrollgruppen. I forsøk med shiitakesopp (Jiang et al., 2010) har UV-C bestråling gitt høyere syrenivå enn kontrollgruppen.

4.4 Effekt av lagringstemperatur, etylen og UV-C stråling på flavonoider og karotenoider.

Flavonoider:

Innhold av flavonoider ble målt ved høsting, dag 4, 7, 15 og 22. Kun tomatene lagret ved 12°C i mørke, tomatene eksponert for etylen og tomatene bestrålt med UV-C 90 i

sekunder var med i denne delen av forsøket. Fra tomatene lagret i 12°C ble alle 3 modningsgrader analysert, mens fra UV-C og etylenbehandlingene ble kun modningsgrad 2 (MG2) analysert.

Chalconaringenin (CN):

CN var den av de målte flavonoidene med høyest forekomst i begge sorter, og dette resultatet samsvarer med tidligere forsøk (Slimestad og Verheul, 2005). Sorten Susanne hadde høyere nivå av CN enn sorten Dometica. I tomatene lagret ved 12°C var det signifikant lavere nivå av CN i tomatene høstet ved MG3 enn MG1 og MG2. Nivået av CN økte kraftig fra høsting til dag 4 i tomatene bestrålt med UV-C i 90 sekunder, og deretter lagret i 12°C i mørke de neste 4 dager, og tomatene lagret ved 12°C gjennom hele forsøket. Denne effekten forsvant for tomatene bestrålt med UV-C da de ble flyttet over til 'butikklagring' (direkte lys og 22°C), og dag 7 hadde de bestrålte tomatene samme CN nivå som tomatene eksponert for etylen. I tidligere forsøk er det vist at tomaten må lagres i så lav temperatur som 4°C for å bevare CN-nivået (Slimestad og Verheul, 2005). Tomatene eksponert for etylen hadde en reduksjon i CN nivå fra høsting til dag 4. Disse ble lagret i 2°C i 4 dager før de ble flyttet over i 'butikklagring' uten ytre etyleneksponering. Tomatene i UV-C behandlingen og etylenbehandlingene hadde likt CN-nivå gjennom hele lagringsperioden i 'butikklagring'. Tomatene lagret i 12°C i mørke skilte seg ut med en ny økning i CN nivået fra dag 7 til dag 15, og det høyeste nivået samlet gjennom forsøket. Her var CN nivået høyere i forsøkets siste dag, dag 22, enn ved høsting. At tomatene bestrålt med UV-C hadde en lik økning som tomatene lagret under samme forhold (12°C og mørke) etter 4 dager, og en lik reduksjon som tomatene lagret under samme forhold i 'butikklagring' fra dag 4 til 22 (22°C og lys) kan tyde på at temperatur og lysforhold gir større effekt på CN nivå enn bestråling av UV-C og eksponering for etylen. At lysforhold påvirker nivå av fenoler stemmer med tidligere studie (Stewart et al, 2000).

Rutin:

Det var ingen signifikante forskjeller mellom behandlingene, og heller ikke mellom de 3 modningsgradene i tomatene lagret ved 12°C, uten eksponering for UV-C eller etylen. At innhold av fenoler generelt ikke påvirkes av modningsgrad ved høsting er beskrevet i litteratur i tidligere (Stewart et al., 2000). Det var ikke signifikante forskjeller mellom

høstetid og forsøket sine siste dag (dag 22) i rutin-nivået. At rutin-nivået ikke forandres under lagring beskrives også av Slimestad og Verheul (2005). Det var signifikant høyere innhold av rutin i sorten Susanne enn sorten Dometica. Dette tyder på at sortvalg har større effekt på innhold av rutin enn lagringsregime og ytre eksponering av etylen og bestråling med UV-C.

Apiosyl rutin:

Samme resultat som for rutin, men her var det signifikant høyere nivå av apiorutin i sorten Dometica sammenlignet med sorten Susanne. Dette tyder på at det også for apiorutin er viktigere med sortvalg enn lagringsregime og ytre eksponering for etylen eller bestråling med UV-C. Heller ikke i apiorutin var det signifikante forskjeller mellom de forskjellige modningsgradene, og dette samsvarer med litteratur som beskriver at modningsgrad ved høsting ikke påvirker fenolnivået, på samme måte som karotenoidnivå (Stewart et al., 2000).

Karotenoider:

Det er tidligere funnet sammenheng mellom modningsgrad ved høsting, lagringstemperatur og karotenoidinnhold (Aharon et al., 2009). Tomater høstet grønne hadde ingen utvikling av karotenoider gjennom lagringsperioden i forsøket fra 2009, uavhengig av lagringstemperatur (5 og 12°C). Tomater høstet ved lys rosa farge hadde større økning i karotenoidnivå ved lagring i 12°C enn ved 5°C, mens tomater høstet ved lys rød farge hadde økning i karotenoidnivå gjennom lagringsperioden, men uten signifikante forskjeller mellom lagringstemperaturer på 5 og 12°C. I andre del av forsøket ble tomatene lagret ved 20°C i 4 dager, og da var det økning i karotenoidnivå i alle tre modningsgrader, og Aharon et al. (2009) konkluderer med at lav lagringstemperatur forhindrer økning i karotenoidnivå mest i tomater høstet grønne, og at høyere temperatur (20°C) gir den største økningen i karotenoidnivå uansett modningsgrad.

Lykopen:

Lykopen-nivået var jevnt fra høsting og til dag 4 i de 3 behandlingene; 12°C i mørke, etyleneksponering (2°C mørke) og UV-C bestråling i 90 sekunder (12°C i mørke). Fra dag 4 var det lik stigning i lykopen-nivå for behandlingene med etylengass og UV-C, som begge ble flyttet over i 'butikklagring' ved 22°C og lys, frem til dag 15. Fra dag 15 til 22 var det bratt stigning i lykopen-nivå hos tomatene som ble bestrålt med UV-C, og en sterk reduksjon i tomatene eksponert for etylengass. Tomatene lagret ved 12°C og i mørke hele forsøksperioden hadde et jevnt lykopen-nivå frem til dag 15, da det kom en liten stigning. I tidligere forsøk er det vist at tomater lagret ved 15 og 25 °C har dobbelt så høyt innhold av lykopen som tomater lagret ved 7° C (Toor og Savage, 2006). I et forsøk fra 2006 (Javanmardi og Kubota, 2006) ble det ikke observert signifikant forskjell mellom tomater lagret ved 5 og 12°C de første 7 dager etter høsting, mens lykopen-nivået var signifikant høyere ved 12°C de påfølgende 7 dager. Javanmardi og Kubota konkluderer med at temperatur under lagring har stor effekt på lykopen-nivået, noe som også kommer frem av tidligere forsøk, der det hevdes at utvikling av lykopen skjer mellom 12 og 32°C (Türk et al., 1994). I dette forsøket steg lykopen-nivået da tomatene eksponert for etylen og tomatene bestrålt med UV-C ble flyttet over i 'butikklagring' i 22°C. At tomatene bestrålt med UV-C har et markant høyere nivå enn tomatene eksponert for etylengass dag 22, kan både være en effekt av UV-C behandling og av forskjellig temperatur de første 4 dager etter høsting, da tomatene eksponert for etylengass ble lagret i 2°C, mens tomatene bestrålt med UV-C ble lagret i 12°C. I et forsøk fra 2007 (Lingegowdaru) var lykopen-nivået i tomater bestrålt med UV-C (3,7 kJ/m²) lavere enn kontrollgruppen i slutten av forsøket. I Lingegowdarus forsøk ble tomatene lagret ved 13°C i 10, 20 og 30 dager før de ble modnet ved romtemperatur. Dette kan antyde at temperatur etter høsting spiller en viktig rolle i utvikling av lykopen, og at forskjellen mellom dette og Lingegowdarus forsøk kan skyldes at tomatene i dette forsøket ble flyttet over i høyere temperatur etter kun 4 dager. Et annet forsøk (Aharon et al., 2009) viser også at tomater lagret ved 5 og 12°C fikk en signifikant økning i lykopen-nivå da de etter 14 dager ble lagret i romtemperatur (20°C). Aharon et al. (2009) fant signifikante forskjeller mellom tomater høstet ved ulike modningsgrad, og lavest nivå av lykopen ble funnet i tomater høstet mens de fremdeles var grønne. Forskjellen mellom modningsgradene samsvarer med dette forsøket, der det og ble

funnet signifikante forskjeller, og lavest lykopen-nivå i MG1 (grønne tomater). Det høyeste lykopen-nivået ble funnet i tomater høstet ved MG2, som er standard modningsgrad ved høsting for salg i butikk. Sortsforskjellene var mindre enn forskjellene mellom tomater bestrålt med UV-C og tomater uten denne strålingen, noe som tyder på at sortvalg er mindre viktig enn behandling med UV-C for lykopen-nivå.

β-karoten:

β-karoten nivået steg likt for tomatene lagret ved 12°C og mørke, tomatene eksponert for etylen (2°C) og tomatene bestrålt med UV-C i 90 sekunder (12°C) de første 4 dager etter høsting. Da tomatene eksponert for etylen og tomatene bestrålt med UV-C ble flyttet over i 'butikklagring'(22°C) var det en kraftig økning i β-karoten nivået i tomatene bestrålt med UV-C, men det var en reduksjon i tomatene eksponert for etylengass. Tomatene i UV-C behandlingen hadde et signifikant høyere β-karoten nivå enn både tomatene eksponert for etylen, og tomatene lagret ved 12°C og i mørke gjennom hele forsøket. Det var signifikant høyere nivå av β-karoten i cherrytomatsorten Susanne, enn i den store, runde tomatsorten Dometica. Dette kan forklares med at lykopen og β-karoten hovedsakelig finnes i tomatenes skall, og at små tomater har større overflate i forhold til større tomater (Stewart et al., 2000).

4.5 Sammenheng mellom løst tørrstoff og syrenivå alle behandlinger

I alle behandlinger var forholdet mellom løst tørrstoff (sukker) og syre likt gjennom forsøksperioden, selv om nivået varierte mellom behandlingene. Syre- og sukkerinnhold påvirker i stor grad tomatens smak, og er to av kvalitetene forbrukerne vektlegger. Høyt syre- og sukkerinnhold vil gi tomaten mer smak, men forholdet mellom disse to er også viktig. En tomat med høyt syreinnhold, med lavt sukkerinnhold vil kunne oppfattes som sur av enkelte forbrukere. Det var derfor av interesse å se hvordan syre- og sukkerinnhold forandrer seg over tid ved de forskjellige lagringsregimene

Klein et al. (2010) målte aromastoffene i tomater, og nivået av disse var høyere i tomater som var høstet fullmodne enn for tomater høstet 5 dager tidligere. I forsøket var det også forbrukertester som viste at forbrukerne foretrakk tomater høstet fullmodne i de fleste sorter de testet. Dette viser at nivået av aromastoffer kan være vel

så viktig som forholdet mellom sukker og syre for å få den beste tomatsmaken, og at høstetidspunkt spiller en viktig rolle.

Konklusjon:

Kvalitet er en viktig faktor for at norske tomater skal kunne hevde seg i markedet. Lagringstemperatur påvirker smaks kvalitet (sukker – syreinnhold) og holdbarhet (utvikling av farge og fasthet). At tomater oppbevares med under så forskjellige forhold i butikker og under transport, tyder på at det er et behov for veiledning og informasjon i alle ledd, fra høsting til konsum. De helsebringende komponentene β -karoten og lykopen økte markant i tomater bestrålt med UV-C, noe som kan gi grunnlag for videre studier for å vurdere UV-C stråling som post-harvest behandling av tomat.

Litteraturliste

- AGARWAL, S. & RAO, A. V. 2000. Tomato lycopene and it's role in human health and chronic diseases. *Canadian Medical Association Journal*, 163, 739-734.
- AHARON, Z., PERZELAN, Y., ALKALAI-TUVIA, S. & FALLIK, E. 2009. Lipophilic and Hydrophilic Antioxidant Activity of Tomato Fruit during Postharvest Storage on Different Temperatures. IV Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes. Plovdiv, Bulgaria: ISHS Acta Horticulturae.
- ALFNES, G. & GUTTORMSEN, A. G. 2010. Consumer preferences and willingness to pay for quality characteristics. Marked orientated prod. of tomatoes. Stavanger: International Reasearch Institute of Stavanger.
- BATU, A. 2003. Temperature effects on fruit quality of mature green tomatoes during controlles atmosphere storage. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54, 201-208.
- BJELLAND, O. 1997. Grønnsakdyrking i regulert klima, Stokke, Landbruksforlaget.
- CANENE-ADAMS, K., CAMPBELL, J. K., ZARIPHEH, S., JEFFEREY, E. & ERDMAN JR, J. W. 2005. The tomato as a functional food. *Journal of nutrition*, 135, 1226-1230.
- CANTWELL, M., NIE, X. & HONG, G. 2009. Impact of Storage Conditions on Grape Tomato Quality. 6th ISHS Postharvest Symposium. Antalya, Tyrkia.
- CHIESA, L., DIAZ, L., CASCONI, O., PANAK, K., CAMPERI, S., FREZZA, D. & FRAGUS, A. 1998. Texture changes on normal and long shelf life of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit ripening. *Acta Horticulturae*, 464.

- FUJISAWA, M., NAKANO, T. & ITO, Y. 2011. identification of potential target genes for tomato fruit-ripening regulator RIN by chromatin immunoprecipitation. *BMC Plant Biology*, 11, 26-39.
- GAUTIER, H., DIAKOU-VERDIN, V., BENARD, C., REICH, M., BURET, M., BOURGAUD, F., POESSEL, J. L., CARIS-VEYRAT, C. & GENARD, M. 2008. How does tomato quality (sugar, acid, and nutritional quality) vary with ripening stage, temperature, and irradiance? *J. Agric. Food Chem.*, 56, 1241-1250.
- GIOVANELLI, G., LAVELLI, V., PERI, V. & NOBILI, S. 1999. Variation in antioxidants of tomato during vine- and postharvest ripening. *Journal of Science and Food Agriculture*, 79, 1583-1588.
- GONZALEZ-AGUILAR, G. A., WANG, C. Y., BUTA, J. G. & KRIZEK, D. T. 2001. Use of UV-C radiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe 'Tommy Atkins' mangoes. *International Journal of Food Science and Technology*, 36, 767-773.
- GRØNLI, K. S. 2004. Antioksidanter i norske matvarer [Online]. forskning.no. Available: <http://www.forskning.no/Artikler/2004/juli/1087821587.36>.
- HANSLIN, H. M. & VERHEUL, M. J. 2003. Helsebringende stoffer i tomat: En oversikt over det aktuelle kunnskapsnivået om effekter av dyrknings og lagringsfaktorer. Klepp st.: Planteforsk Særheim forskningscenter.
- HØDNEBØ, L. 2011. Ekstrem prisforskjell på tomater [Online]. nrk.no. Available: http://m.nrk.no/m/artikkel.jsp?art_id=17537381.
- JAVANMARDI, J. & KUBOTA, C. 2006. Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 41, 151-155.

- JIANG, T., JAHANGIR, M. M., JIANG, Z., LU, X. & YING, T. 2010. Influence of UV-C treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and texture of postharvest shiitake (*Lentinus edodes*) mushrooms during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 56, 209-215.
- JONES, R. A. & SCOTT, S. J. 1984. Genetic potential to improve tomato flavor in commercial F1 hybrids. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 109, 318-321.
- KLEIN, D., GKISAKIS, V., KRUMBEIN, A., LIVIERATOS, I. & KÖPKE, U. 2010. Old and endangered tomato cultivars under organic greenhouse production: effect of harvest time on flavour profile and consumer acceptance. *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 2250-2257.
- LEONARDI, C., AMBROSINO, P. & FOGLIANO, V. 2000. Antioxidative activity and carotenoid and tomatine contents in different typologies of fresh consumption tomatoes. *Agric. Food Chem*, 48, 4723-4727.
- LINGEGOWDARU, J. 2007. Effect of UV-C Hormensis on Quality Attributes of Tomatoes during Post Treatment Handling. Canada: Department of Bioresource Engineering, Macdonald Campus of McGill University.
- LIU, L. H., ZABARAS, D., BENNETT, L. E., AGUAS, P. & WOONTON, B. W. 2008. Effects of UV-C, red light and sun light on the carotenoid content and physical qualities of tomatoes during post-harvet storage. *Food Chemistry*, 115, 495-500.
- MAHARAJ, R., ARUL, J. & NADEAU, P. 1999. Effect of photochemical treatment in the preservation of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum* cv Capello) by delaying senescence. *Postharvest Biology and Technology*, 15, 13-23.
- MAHARAJ, R., ARUL, J. & NADEAU, P. 2010. UV-C irradiation of tomato and its effects on color and pigments. USA.
- MAUL, F., SARGENT, S. A., SIMS, C. A., BALDWIN, E. A., BALABAN, M. O. & HUBER, D. J.

2000. Tomato Flavor and Aroma Quality as Affected by Storage Temperature. *Journal of Food Science*, 65, 1228-1237.
- MOLYNEUX, S. L., LISTER, C. E. & SAVAGE, G. P. 2004. An investigation of antioxidant properties and colour of glasshouse grow tomatoes. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 55, 537-545.
- OPIYO, A. M. & YING, T.-J. 2005. The effects of 1-methylcyclopropene treatment on the shelf life and quality of cherry tomatoe (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*) fruit. *International Journal of Food Science and Technology*, 40, 665-673.
- PERNICE, R., PARISI, M., GIORDANO, I., PENTANGELO, A., GRAZIANI, G., GALLO, M., FOGLIANO, V. & RITIENA, A. 2010. Antioxidants profile of small tomato fruits: Effect of irrigation and industrial process. *Scientia Horticulturae*, 126, 156-163.
- OPPLYSNINGSKONTORET FOR FRUKT OG GRØNT 2011. Stapp i deg tomater [Online]. Available: <http://www.frukt.no/helse/helseartikler/stapp-i-deg-tomater/>.
- SENER, S. D., HORVAT, R. J. & FORBUS, W. R. 1988. Quantitative Variation of Total Phenols in Fresh Market Tomatoes at Three Stages of Maturity. *Journal of Food Science*, 53, 639-640.
- SIRIPATRAWAN, U. & ASSATARAKUL, K. 2009. Methyl jasmonate coupled with modified atmosphere packaging to extend shelf life of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) during cold storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 1065-1071.
- SLIMESTAD, R. & VERHEUL, M. J. 2005. Content of Chalconaringenin and Chlorogenic Acid in Cherry Tomatoes Is Strongly Reduced during Postharvest Ripening, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 7251-7256.
- SLIMESTAD, R., FOSSEN, T. & VERHEUL, M. J. 2008. The flavonoids of tomatoe. *Journal of*

Agricultural and Food Chemistry, 56.

SLIMESTAD, R. & VERHEUL, M. J. 2009. Review of flavonoids and other phenolics from fruits of different tomatoe. *J Sci Food Agric*, 89, 1255-1270.

STEVENS, C., LIU, J., KHAN, V. A., LU, J. Y., KABWE, M. K., WILSON, C. L., IGWGBE, E. C. K., CHALUTZ, E. & DROBY, S. 2004. The effects on low-dose ultraviolet light-C treatment on polygalacturonase activity, delay ripening and *Rhizopus* soft rot development of tomatoes. *Crop protection*, 23, 551-554.

STEWART, A. J., BOZONETT, S., MULLEN, W., JENKINS, G. I., LEAN, M. E. J. & CROZIER, A. 2000. Occurrence of flavonols in tomatoes and tomatoe-based products. *J. Agric. Food Chem*, 48, 2663-2669.

TOOR, R. K. & SAVAGE, G. P. 2006. Changes in major components of tomatoes during post-harvest storage. *Food Chemistry*, 99, 724-727.

TÜRK, R., SENIZ, V., OZDEMIR, N. & SUZEN, M. A. 1994. Changes in the chlorophyll carotenoid and lycopene contents of tomatoes in relation to temperature. *Acta Horticulturae*, 368, 856-862.