



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Lagringsforholdenes betydning for mengde akrylamid i potetchips

NIBIO RAPPORT | VOL. 4 | NR. 111 | 2018



Pia Heltoft

Divisjon for matproduksjon og samfunn/Frukt og grønt

TITTEL/TITLE

Lagringsforholdenes betydning for mengde akrylamid i potetchips

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Pia Heltoft

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
12.10.2018	4/111/2018	Åpen	274204	17/03105
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-02167-4	2464-1162	27		

OPPDRAAGSGIVER/EMPLOYER:

Maarud AS

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Jan Arne Broen

STIKKORD/KEYWORDS:Akrylamid, potet, sukker, lagring,
luftsammensetningAcrylamide, potato, sugar, storage, air
composition**FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:**

Lagring

Postharvest

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Det er stort fokus på akrylamid i mat, da dette stoffet er mistenkt å være kreftfremkallende. Akrylamid dannes ved sterk oppvarming av blant annet potetprodukter. Pommefrites og chips er produkter som konsumeres av alle aldersgrupper, og det er derfor viktig å senke akrylamid nivåene. For å redusere innholdet er det behov for økt kunnskap om lagringsforhold og råvarekvalitet, og samspillet mellom disse faktorene. Ut fra tidligere undersøkelser er det grunn til å tro at luftsammensetningen under lagring kan være en viktig faktor.

Målsettingen med prosjektet var å redusere akrylamidinnholdet i potetchips gjennom ny kunnskap om optimale lagringsforhold for poteter. Det var særlig fokus på betydningen av forhøyede karbondioksidnivåer, og samspillet mellom luftsammensetning og råvarekvalitet.

En kartlegging av potetkvalitet ut fra produsentenes råvarelagre ble gjennomført med sorten Lady Claire. Her ble samme materiale først lagret i kule og deretter fordelt på ulike råvarelagre. Samspillet mellom kvalitet (sukker og akrylamid) og klimatiske forhold på lager ble undersøkt.

Det var forskjeller mellom lagrene. Sukker- og akrylamidinnhold i knollene var ved enkelte uttak fra produsentlager påvirket av lagringstemperatur og CO₂ nivå. Det var forhøyet sukker- og akrylamid innhold i knoller fra et lager ved et uttak pga. lave temperaturer (<8 °C) forut for uttaket. Fra et annet lager var det også forhøyet sukker- og akrylamidinnhold ved uttak hvor det ved uttakstidspunktet var forhøyede CO₂ verdier som følge av at utetemperaturen var lav (-20 °C). Det antas at det var stengt av for inntak av uteluft.

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Det ble gjennomført kontrollerte lagringsforsøk hvor samspillet mellom råvarekvalitet i potetsortene Lady Claire og Po2-18-66 ble undersøkt. Potetene hadde 2 ulike modningsgrader og to perioder (høst og vinter) med forhøyede CO₂ nivåer på henholdsvis 5000, 15000 og 25000 ppm.

Kontrollerte lagringsforsøk viste forskjeller mellom de to sortene. Lady Claire hadde lavest sukker og akrylamid innhold. Det var ikke forskjeller mellom modningsgrader. Sukker og akrylamid innholdet i knollene endret seg over tid og hadde høyest innhold ved siste uttak i mai. Det var forhøyet sukker og akrylamidinnholdet i begge sorter like etter to ukers CO₂ behandling på høsten med høyeste nivå (25000 ppm), mens det ikke var noen langtidseffekt av behandlingen. Det var ingen effekt av de andre nivåene (5000 og 15000 ppm). Vinterbehandling med 15000 ppm CO₂ resulterte i høyere akrylamid i begge sortene, mens det ikke var effekt med de andre nivåene.

Dette prosjektet har gitt ny kunnskap om råvarens og lagerforholdenes betydning for chipskvalitet og akrylamidinnhold i chips. Prosjektet har vist viktigheten av å følge med på råvarekvaliteten av det som legges inn på lager og påfølgende lagerforhold; herunder temperatur, relativ fuktighet og karbondioksid nivået. Alle disse faktorene kan ha betydning for ferdig produktkvalitet. Dette har betydning for både potetprodusent og for chipsindustrien. Det er dog behov for ytterligere kunnskap om betydningen av andre potetsorter, om modning av råvaren, samt mere om luftsammensetning på lager herunder andre gassers eventuelle påvirkning (eksempelvis etylen) og om hvilke grenseverdier der bør settes for forhøyet CO₂ nivå (antall dager med høy CO₂ og nivå i ppm).

LAND/COUNTRY:	Norge
FYLKE/COUNTY:	Oppland
KOMMUNE/MUNICIPALITY:	Østre Toten
STED/LOKALITET:	NIBIO Apelsvoll, Kapp

GODKJENT /APPROVED	PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER
Inger Martinussen	Pia Heltoft
_____ NAVN/NAME	_____ NAVN/NAME

Innhold

Sammendrag	5
1 Bakgrunn.....	6
2 Prosjekt mål.....	7
2.1 Innhente eksisterende kunnskap	7
2.2 Kartlegging av ulike lagringsstrategier hos produsenter	7
2.3 Ny kunnskap om samspillet mellom råvarekvalitet og CO ₂ -innhold på lager	7
3 Material og metode.....	8
3.1 Kartlegging.....	8
3.1.1 Potet materiale og lagring.....	8
3.1.2 Beskrivelse av lagrene.....	8
3.1.3 Oversikt over uttak fra lager	8
3.2 Råvarekvalitet og ulike CO ₂ nivåer	9
3.2.1 Potet materiale	9
3.2.2 Ulike CO ₂ nivåer høst.....	9
3.2.3 Ulike CO ₂ nivåer vinter	9
3.3 Sukker og akrylamid analyse	11
4 Resultater og diskusjon	12
4.1 Kartlegging.....	12
4.1.1 Klimadata	12
4.1.2 Sukker og akrylamid	16
4.2 Råvare kvalitet og CO ₂	18
4.2.1 Standardanalyse av råvaren.....	18
4.2.2 Temperatur logging.....	18
4.2.3 CO ₂ nivå registrert på forsøkslager	19
4.2.4 Akrylamid	21
4.2.5 Effekt av CO ₂ behandling.....	22
4.2.6 Sukker.....	24
5 Konklusjoner	26

Sammendrag

Det er stort fokus på akrylamid i mat, da dette stoffet er mistenkt å være kreftfremkallende. Akrylamid dannes ved sterk oppvarming av blant annet potetprodukter. Pømmes frites og chips er produkter som konsumeres av alle aldersgrupper, og det er derfor viktig å senke akrylamid nivåene. For å redusere innholdet er det behov for økt kunnskap om lagringsforhold og råvarekvalitet, og samspillet mellom disse faktorene. Ut fra tidligere undersøkelser er det grunn til å tro at luftsammensetningen under lagring kan være en viktig faktor.

Målsettingen med prosjektet var å redusere akrylamidinnholdet i potetchips gjennom ny kunnskap om optimale lagringsforhold for poteter. Det var særlig fokus på betydningen av forhøyede karbondioksidnivåer, og samspillet mellom luftsammensetning og råvarekvalitet.

En kartlegging av potetkvalitet ut fra produsentenes råvarelagre ble gjennomført med sorten Lady Claire. Her ble samme materiale først lagret i kule og deretter fordelt på ulike råvarelagre. Samspillet mellom kvalitet (sukker og akrylamid) og klimatiske forhold på lager ble undersøkt.

Det var forskjeller mellom lagrene. Sukker- og akrylamidinnhold i knollene var ved enkelte uttak fra produsentlager påvirket av lagringstemperatur og CO₂ nivå. Det var forhøyet sukker- og akrylamid innhold i knoller fra et lager ved et uttak pga. lave temperaturer (<8 °C) forut for uttaket. Fra et annet lager var det også forhøyet sukker- og akrylamidinnhold ved uttak hvor det ved uttakstidspunktet var forhøyede CO₂ verdier som følge av at utetemperaturen var lav (-20 °C). Det antas at det var stengt av for inntak av uteluft.

Det ble gjennomført kontrollerte lagringsforsøk hvor samspillet mellom råvarekvalitet i potetsortene Lady Claire og Po2-18-66 ble undersøkt. Potetene hadde 2 ulike modningsgrader og to perioder (høst og vinter) med forhøyede CO₂ nivåer på henholdsvis 5000, 15000 og 25000 ppm.

Kontrollerte lagringsforsøk viste forskjeller mellom de to sortene. Lady Claire hadde lavest sukker og akrylamid innhold. Det var ikke forskjeller mellom modningsgrader. Sukker og akrylamid innholdet i knollene endret seg over tid og hadde høyest innhold ved siste uttak i mai. Det var forhøyet sukker og akrylamidinnholdet i begge sorter like etter to ukers CO₂ behandling på høsten med høyeste nivå (25000 ppm), mens det ikke var noen langtidseffekt av behandlingen. Det var ingen effekt av de andre nivåene (5000 og 15000 ppm). Vinterbehandling med 15000 ppm CO₂ resulterte i høyere akrylamid i begge sortene, mens det ikke var effekt med de andre nivåene.

Dette prosjektet har gitt ny kunnskap om råvarens og lagerforholdenes betydning for chipskvalitet og akrylamidinnhold i chips. Prosjektet har vist viktigheten av å følge med på råvarekvaliteten av det som legges inn på lager og påfølgende lagerforhold; herunder temperatur, relativ fuktighet og karbondioksid nivået. Alle disse faktorene kan ha betydning for ferdig produktkvalitet. Dette har betydning for både potetprodusent og for chipsindustrien. Det er dog behov for ytterligere kunnskap om betydningen av andre potetsorter, om modning av råvaren, samt mere om luftsammensetning på lager herunder andre gassers eventuelle påvirkning (eksempelvis etylen) og om hvilke grenseverdier der bør settes for forhøyet CO₂ nivå (antall dager med høy CO₂ og nivå i ppm).

1 Bakgrunn

Akrylamid er et stoff som dannes ved sterk oppvarming av karbohydratrike matvarer, og som i flere studier er knyttet til utvikling av kreft (Folkehelseinstituttet, Hogervorst, 2007, Olesen et al., 2008). Akrylamid dannes blant annet ved fritering av potet og annen sterk varmebehandling, som i brød, knekkebrød og frokostblandinger, samt ved brenning av kaffebønner. Mengden akrylamid som dannes i maten påvirkes både av råvaren (mengde fri asparaginsyre og sukkerartene glukose og fruktose), av lagringsforholdene og av varmebehandlingsprosessen.

Ved lagring av chipspotet er det kjent at lav temperatur øker sukkerinnholdet, og dermed gir mørkere friteringsfarge og mer av det helsefarlige stoffet akrylamid. Nyere studier tyder på at luftsammensetning i potetlageret også har betydning for friteringsfargen. Det er stort behov for videre undersøkelser av betydningen av luftsammensetningen under potetlagring for dannelse av akrylamid ved fritering av chips.

Et sterkt fokus på akrylamid i mat de senere årene har bidratt til økt press på chipsbransjen til å redusere forekomstene. Potetprodukter som pommes frites og potetchips har fått mye fokus, da forbrukerrådet peker på at dette er vanlige produkter og at det er særlig bekymringsfullt at barn eksponeres og utsettes for økt kreftisiko. Det jobbes i dag med å sette strenge nasjonale og internasjonale grenseverdier for akrylamidinnhold i potetprodukter. Grenseverdiene for akrylamid som diskuteres internasjonalt vil gi særlige utfordringer for norsk potetproduksjon og videreføring.

Konsentrasjonen av akrylamid i stekte produkter av potet varierer med potetsort, men påvirkes også av utviklingsstadiet (modningsgraden) av poteten ved høsting. Norge har kjølige vekstforhold, og ofte umodne poteter, som i utgangspunktet har et høyere innhold av sukkerstoffer.

Chips produseres gjennom hele året og det er derfor svært viktig at lagringen skjer ved optimale forhold, dvs. ved jevn temperatur i overkant av 8 °C. Nyere studier (blant annet Heltoft et al. 2016) kan tyde på at luftsammensetningen på lager, gjennom potetens ånding og produksjon av CO₂, kan øke sukkerinnholdet og dannelsen av akrylamid. Problemstillingen er særlig aktuell i Norge, på bakgrunn av den lange lagringssesongen, sterkere ånding av umodne poteter, økende bruk av tette lagre og at det ved kuldeperioder gjennom vinteren er aktuelt å stenge friskluftinntaket på lageret. Alle disse forholdene kan bidra til høye konsentrasjoner av CO₂ i kortere eller lengere tid. Effekten av slike forhøyede nivåer er lite studert.

For å imøtekomme nye krav og sikre framtiden for norsk chipsproduksjon er det et stort behov for mer kunnskap om samspillet mellom råvarekvalitet og lagringsforhold, og betydningen av disse for dannelsen av det potensielt helsefarlige stoffet akrylamid. Det er særlig behov for økt kunnskap om betydningen av forhøyede karbondioksidnivåer under lagring.

2 Prosjektmål

Hovedmål: Redusere innhold av akrylamid i friterte potetprodukter gjennom ny kunnskap om betydningen av CO₂-oppbygging på lager.

Delmål

- M1: Ha oversikt over kunnskapsstatus i forhold til betydningen av luftsammensetning på lager for dannelse av akrylamidinnhold ved chipsproduksjon
- M2: Ny kunnskap om optimal luftsammensetning ved lagring av chipspotet
- M3: Økt kunnskap om betydningen av råvarekvalitet for følsomhet i forhold til luftsammensetning på lager

2.1 Innhente eksisterende kunnskap

Det ble utarbeidet et litteraturstudie som er basert på nettbaserte søk etter vitenskapelige resultater og brukerrettet informasjon. Det ble også hentet informasjon hos eksisterende nettverk i Norge, England, USA og Belgia og leverandører av lagerløsninger samt hos chipsindustrien i Norge. Kunnskapen vil bli brukt i det videre arbeidet med temaet i et større prosjekt og for bruk i erfaringsutveksling og formidling til dyrkermiljøet.

2.2 Kartlegging av ulike lagringsstrategier hos produsenter

Det ble utført en kartlegging av lagringsforhold og kvalitet, ved at samme råvare ble lagret i kule hos en produsent og deretter ble det samme materialet plassert på fire kommersielle potetlagre. Lagringsforhold som temperatur, fuktighet og CO₂ ble logget gjennom sesongen. Kvaliteten av knollene ble undersøkt hver sjette uke fra innhøsting og til og med til lagrene ble tømt i mars-mai måned. Prøvene ble analysert for sukkerinnhold (sukrose, glukose og fruktose) samt akrylamid.

2.3 Ny kunnskap om samspillet mellom råvarekvalitet og CO₂-innhold på lager

Chips kvaliteten ble undersøkt i to potetsorter (Lady Claire og P02-18-66) som var gjødslet med to ulike mengder nitrogen for å få frem to ulike modningsgrader. Potetene ble lagret på råvarelager hos Maarud AS, men i to ulike perioder av året ble potetene lagret på forsøkslager med tre ulike CO₂-konsentrasjoner samt en kontroll enten:

1. to uker rett etter høsting for å simulere kulelagring etter høst hvor potetene i perioder blir dekket med plast og det oppstår risiko for CO₂ oppbygging.
eller
2. tre uker midt på vinteren for å simulere kuldeperioder gjennom vinteren hvor det stenges for friskluft inntak på lagrene og dermed oppstår risiko for CO₂ oppbygging.

Kvaliteten av knollene ble undersøkt hver sjette uke fra innhøsting (september) til mai måned med hovedvekt på sukkerinnhold og akrylamid.

3 Material og metode

3.1 Kartlegging

3.1.1 Potet materiale og lagring

Poteter av sorten Lady Claire ble dyrket kommersielt hos en chipspotet produsent. Umiddelbart etter innhøsting ble potetene lagret i kule (uke 39). Potetene lå i kule i 4 uker, hvor det ble logget temperatur, fuktighet og CO₂, før de ble pakket i 5 kg poser og utplassert på 4 ulike lagre (tabell 1). Det ble tatt ut prøver hver sjette uke fram til medio mai, se tabell 2 for oversikt over uttak.

3.1.2 Beskrivelse av lagrene

Tabell 1. Kort beskrivelse av de 4 lagrene som var med i forsøket

Navn lager	Type lager
Lager 1	Kasselager med Findusventilasjon
Lager 2	Kasselager uten ventilasjon
Lager 3	Helt nytt kasselager med Findusventilasjon og med befuktning
Lager 4	Løslager med overtrykksventilasjon gjennom spalter i gulvet

3.1.3 Oversikt over uttak fra lager

Tabell 2. Prøveuttak fra ulike lagre til forskjellig tidspunkt under lagring sesongen 2017/18.

Uke	Beskrivelse/ uttak fra (lager)
39	Ved høst
43	Fra kule før utplassering på lagre
48-49	Fra lager 1, 2, 3 og 4
3	Fra lager 1, 2 og 3
9-10	Fra lager 1, 2, 3 og 4
14	Lager 3
22	Lager 4

*Lager 1 og lager 2 ble tømt før siste uttak og utgår derfor etter uke 9-10

3.2 Råvarekvalitet og ulike CO₂ nivåer

3.2.1 Potet materiale

Poteter av sortene Lady Claire og PO2-18-66 ble dyrket på NIBIO Apelsvoll. Potetene ble gjødslet med to ulike nitrogen mengder: 10 eller 20 kg N per daa, dette for å få frem ulik modning i potetmaterialet, hvor den mest modne var gjødslet med 10 kg N per daa. Settedato: 16. mai 2017, høstedata: 3. oktober 2017.

Umiddelbart etter innhøsting ble prøvene pakket i 5 kg sekker og lagret som beskrevet i 3.2.2 og 3.2.3.

3.2.2 Ulike CO₂ nivåer høst

For å simulere kulelagring hvor potetene ligger delvis under plast og følgelig blir utsatt for høye CO₂ nivåer da potetene ånder, ble prøvene lagret under kontrollerte forhold i forsøkslager på SKP (Senter for klimaregulert planteforskning, Ås) med en temperatur på 12 °C og med 3 ulike CO₂ nivåer (5000, 15000 og 25000 ppm) samt en kontroll som ble lagret på et vanlig lager (Maarud løslager) i 2 uker fra den 4. oktober til den 18. oktober. Heretter ble prøvene lagret på Maarud lager fram til mai måned. Det ble tatt ut prøver til sukker analyse og akrylamid hver sjette uke. Temperatur loggere fulgte prøvene fra høst og fram til siste uttak fra lager.

3.2.3 Ulike CO₂ nivåer vinter

For å simulere perioder med sterk kulde midt på vinteren, hvor det er risiko for at lagrene stenger for friskluft inntak med påfølgende CO₂ opphopning, ble en annen del av prøvene lagret på Maarud lager fra høst og frem til januar/februar. Potetene ble lagret inn på forsøkslager ved 8 °C, høy relativ luftfuktighet og tre ulike CO₂ nivåer (5000, 15000 og 25000 ppm) i 3 uker fra 31. januar til 21. februar. Heretter ble prøvene lagret på Maarud potetlager fram til mai måned. Det ble tatt ut prøver til sukker analyse og akrylamid hver sjette uke.



Bilde 1. Potet prøver i forsøkslager på SKP. 3 CO₂ målere var forbundet med hver sitt kammer med ulik CO₂ nivå.



Bilde 2. Vifte i kassen for å få best mulig luftfordeling i potetprøven



Bilde 3. CO₂ loggere



Bilde 4. Styresystem for CO₂ inntak til forsøkslager

3.3 Sukker og akrylamid analyse

Det ble tatt ut prøver til analyse for sukker (sukrose, glukose og fruktose) og predikert akrylamid ved innhøsting og deretter hver 6. uke fram til medio mai. Analysene ble foretatt på Maaruds laboratorium. Prøver a' 5 hele knoller ble knust i foodprocessor og deretter opparbeidet til analyse på HPLC apparatur (bilde 5) etter Maarud sin standard prosedyre. Predikert akrylamid innhold er beregnet ut i fra Maarud sin formel som er basert på innholdet av de tre sukkerartene og asparaginsyre.



Bilde 5. Sukker analyser ble utført på Maarud sitt laboratorium

4 Resultater og diskusjon

4.1 Kartlegging

4.1.1 Klimadata

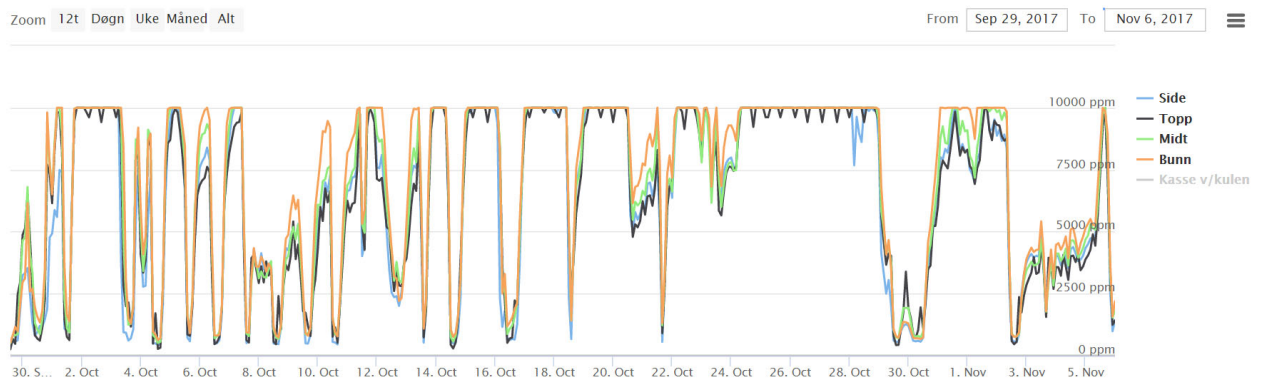
Det ble logget temperatur, fuktighet og CO₂ i kule og på produsentlagrene.

4.1.1.1 I kule

Det var plassert fire loggere i kulen fra og med høstet dato til og med når potetene ble kjørt på lager på fire ulike plasser. Loggerne var plassert i topp, midt, bunn og side i kulen.

4.1.1.1.1 CO₂

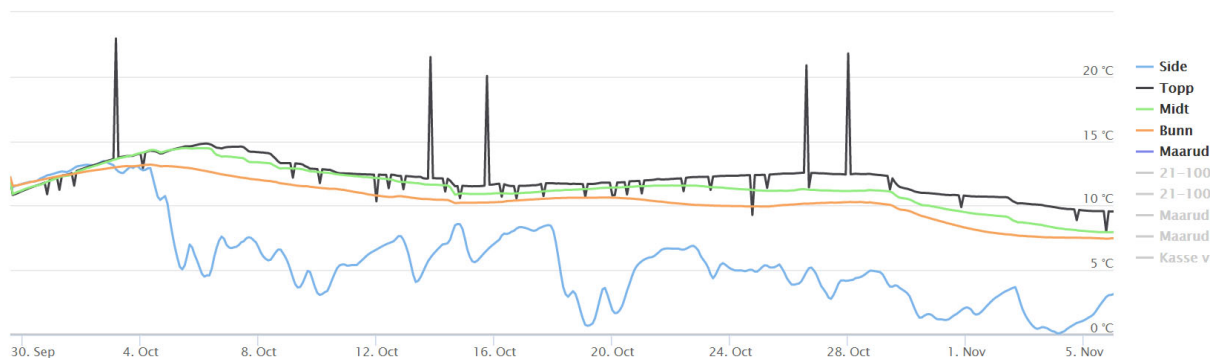
CO₂ logging i kule er vist i figur 1. Det ses at øvre kapasitetsgrense på CO₂ måleren på 10000 ppm ble nådd flere ganger og over flere dager. Det vites ikke hvor høyt nivået har vært da. De høye verdier forekom når kulen var dekket av plast. CO₂ nivået falt umiddelbart når plasten ble fjernet. Loggeren som var plassert i bunn hadde gjennomgående høyere nivå enn midt- og topp logger hvilket skyldes at CO₂ er tyngere enn luft og legger seg på bunn.



Figur 1. CO₂ (ppm) logget i kule fra høst (September) frem til prøvene ble flyttet til ulike produsentlagre i starten av november.

4.1.1.1.2 Temperatur

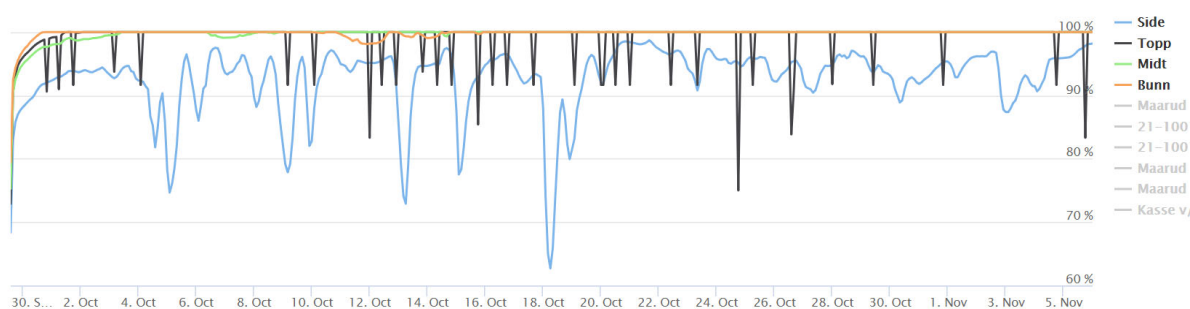
Temperaturen ble logget 4 steder i kulen (figur 2). Temperaturen lå jevnt over 10 °C og uten store svingninger mellom natt/dag temperatur under kulelagringen i topp, midt og bunn. Temperaturen i siden av kulen var mer svingende og lavere og til dels helt ned mot null grader. I topp, midt og bunn lå temperaturen over 10 °C frem til slutten av oktober for så å falle gradvis den siste uken fram mot 5 nov. Temperaturen faldt dog ikke under 7,5 °C og det er dermed ikke forventet at den lave temperaturen har påvirket friteringskvalitet og akrylamidinnhold med «cold-induced sweetening». Potetene ytterst på siden kan derimot ha vært påvirket. Prøver som ble fulgt videre inn på lager i forsøk ble tatt fra midten av kulen og er dermed trolig ikke påvirket av lav temperatur.



Figur 2. Temperatur logget i kule i side, topp, midt og bunn.

4.1.1.1.3 Fuktighet

Det var høy relativ fuktighet gjennom hele kulelagringen opp mot 100 % (figur 3). Det var større fuktsvingninger på siden av kule. Poteter som ble fulgt videre i forsøk forventes ikke å være påvirket av fuktighet.

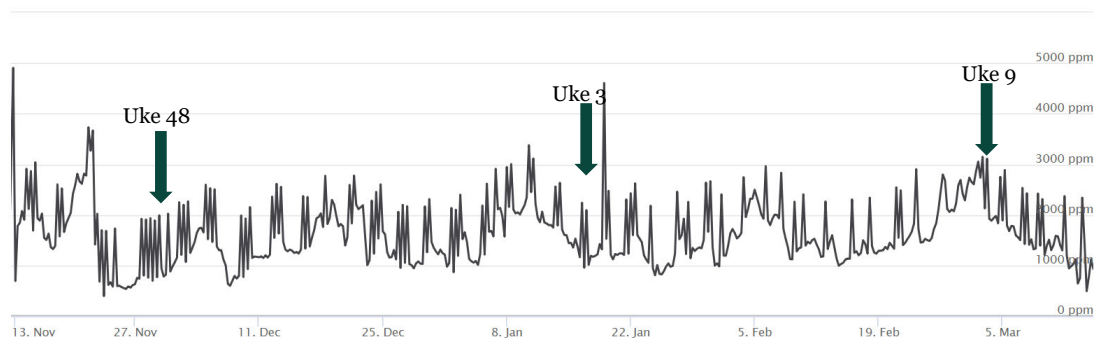


Figur 3. Relativ fuktighet i kule logget i side, topp, midt og bunn.

4.1.1.2 Lager 1

4.1.1.2.1 CO₂

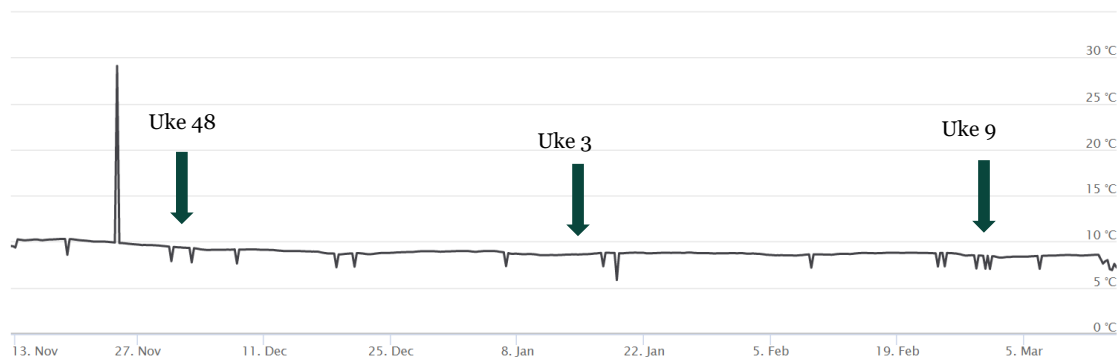
CO₂ nivået på Lager 1 svingte mellom 455 og 3848 ppm (figur 4) og med en enkelt topp på 6119 ppm. Høyeste nivåer sås i januar måned og hang trolig sammen med en lav utetemperatur, da det ved sterk kuldeog det ble stengt for inntak av uteluft i lageret. CO₂ nivået lå gjennom hovedparten av lagringsperioden under 3000 ppm. I starten av perioden (13. nov- 1. des) var det generelt høyere CO₂ nivå og topper på 3800 ppm. Dette skyldes nok at det fortsatt var høy respirasjon fra knollene.



Figur 4. CO₂ nivå logget på lager 1 fra innlagring 13. november frem til etter siste uttak som ble foretatt i uke 9 (ca. 1. mars). Piler og ukenummer viser tidspunkt for prøveuttak.

4.1.1.2.2 Temperatur

Lageret holdt en stabil temperatur på 8,5-9 °C gjennom hele lagerperioden (figur 5). En stabil temperatur som ikke ligger under 8 °C er viktig for at opprettholde lavt sukker- og akrylamid innhold. Det var minimale svingninger utover perioden som ikke tillegges noen betydning for kvaliteten på råvaren.



Figur 5. Temperatur på lageret lager 1 fra innlagring 13. november 2017 fram til siste uttak 12. mars 2018. Piler og ukenummer viser tidspunkt for prøveuttak.

4.1.1.3 Lager 2

4.1.1.3.1 CO₂

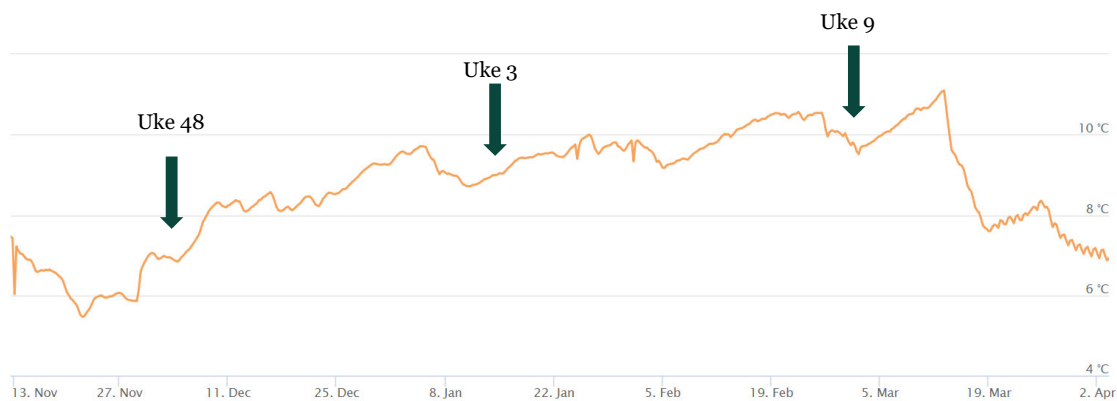
CO₂ nivået i rommet svingte mellom 1055 og 3500 ppm fra november og fram mot slutten av februar (figur 6). I mars steg CO₂ nivåene betraktelig, men her var også siste prøveuttak og lageret ble tømt så det tillegges ikke noen betydning for sukker- og akrylamidinnhold.



Figur 6. CO₂ registrering på lageret lager 2 fra innlagring den 13. november og ut lagringsperioden (siste uttak 12. mars 2018). Piler og ukenummer viser tidspunkt for prøveuttak.

4.1.1.3.2 Temperatur

I starten av lagringsperioden fra 13. november til 1. desember på lager 2 lå temperaturen under 6,5 °C (figur 7). Deretter steg temperaturen gradvis til over 8 °C i midten av desember. Lave temperaturer (<8 °C) kan ha påvirket sukker- og akrylamidinnholdet i knollen i starten av lagringsperioden på lager 2 pga. «cold-induced sweetening».

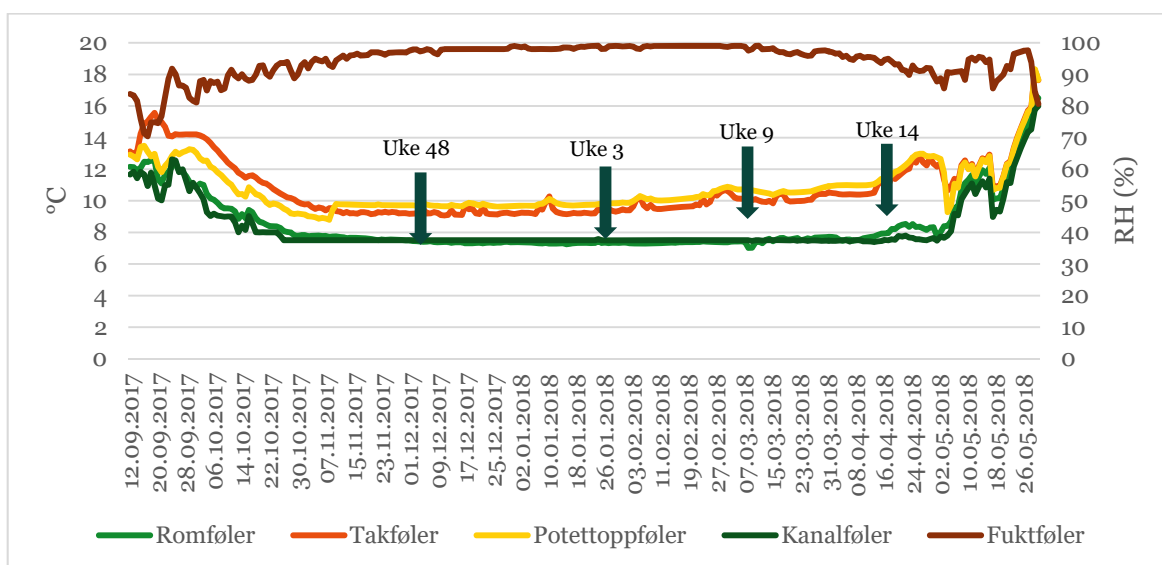


Figur 7. Temperatur på lageret lager 2 fra innlagring den 13. november og ut lagringsperioden (siste uttak 12. mars 2018). Piler og ukenummer viser tidspunkt for prøveuttak.

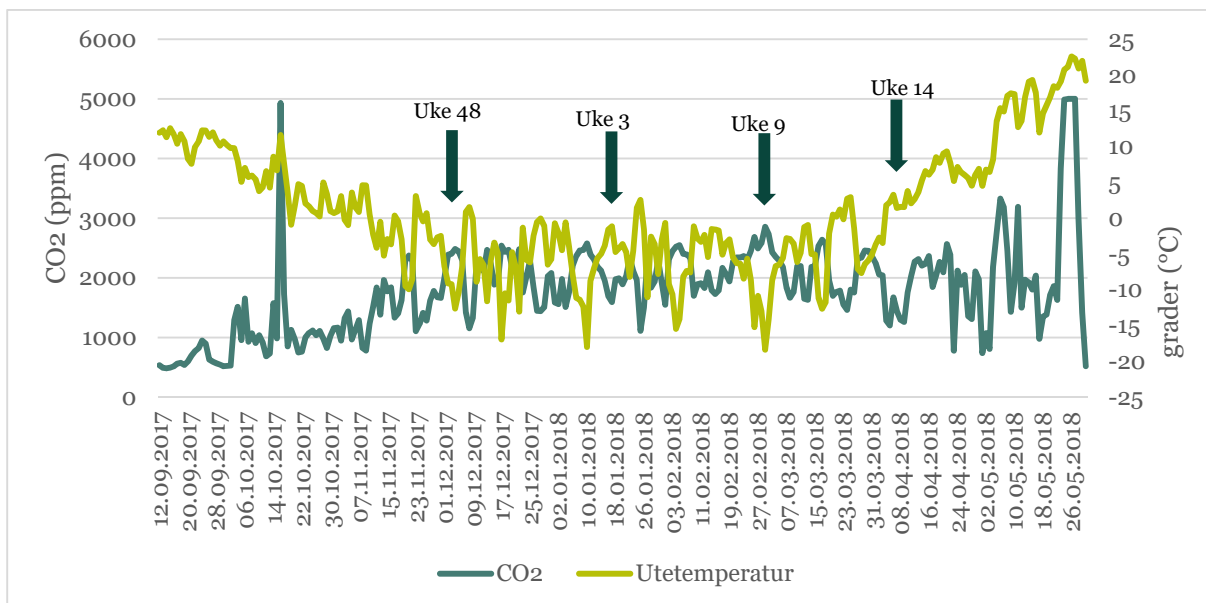
4.1.1.4 Lager 3

På lager 3 ble det logget temperatur fire steder i lageret. Romføleren var plassert i rommet ved viftehuset. Føleren er plassert i en flaske med tørr sand for å fjerne svigninger. Takføleren var montert helt opp mot takflaten der hvor det antas at det er poteter lengst på lager. Potettoppføler var plassert ca 15-20 cm nede i kassen som stod under takflateføleren. Takføler og potettoppføler brukes til å styre takvarme. Kanalføler var plassert i tilluftskanalen rett etter befukter. Det ble logget relativ luftfuktighet og CO₂ et sted i lageret. CO₂ føleren var plassert på vegg inne ved kanal/viftehus ca 1,5 m over gulvet og fuktføleren var plassert ved siden av CO₂ føleren. Temperaturen var stabil hele lagringsperioden. Det var høyere temperatur opp under taket enn i kanal og rom. Det var således en temperatur forskjell mellom bunn og topp kasse i lageret på ca. 2 °C. Temperaturen ble senket gradvis fra september til starten av november (figur 8). Det var stabil temperatur over 8 °C i prøvene i første del av lagringsperioden og en liten stigning mot slutten av lagringsperioden til over 10 °C ved prøveuttakene i uke 9 og 14.

Fuktigheten var stabil høy opp mot 100%. CO₂ nivået i rommet svingede mellom 685 og 3200 ppm og nådde høyeste nivå i slutningen av lagringsperioden (mai måned) (figur 9). I vinterperioden sås det topper med høy CO₂ nivå når utetemperaturen var lav, ned mot -20 °C eksempelvis ved prøveuttaket i uke 9. Det bemerkes at det ikke ble logget CO₂ i kassen men det antas at CO₂ nivået kan ha vært høyere i kassen med prøvematerialet.



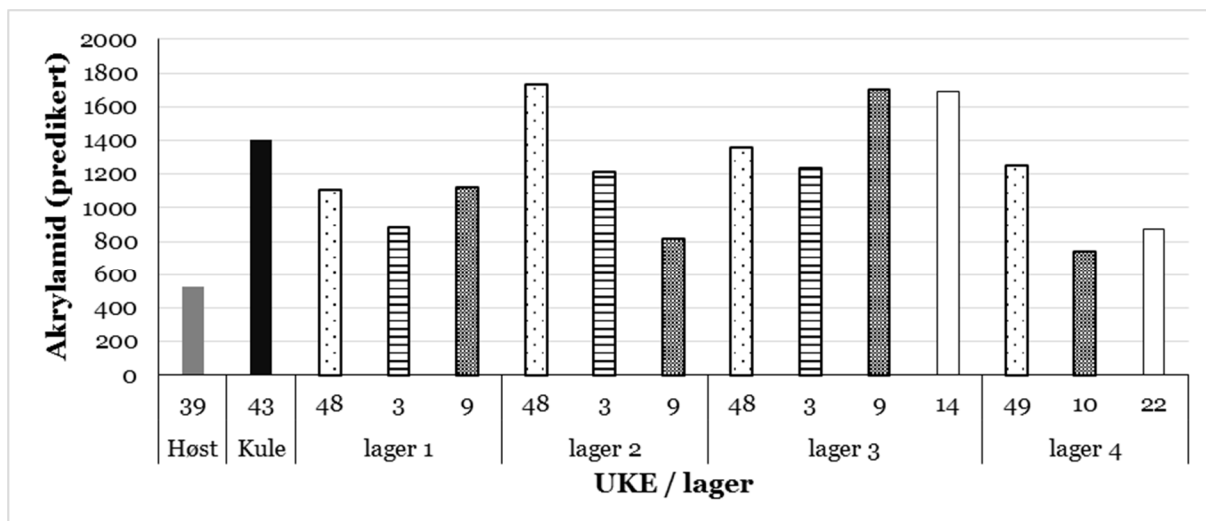
Figur 8. Temperatur i fire ulike temperatur sensorer i lageret samt fuktighet i lager 3. Piler og ukenummer viser tidspunkt for prøveuttak.



Figur 9. CO₂ nivå på lager 3 fra september til mai måned. Piler og ukenummer viser tidspunkt for prøveuttak.

4.1.2 Sukker og akrylamid

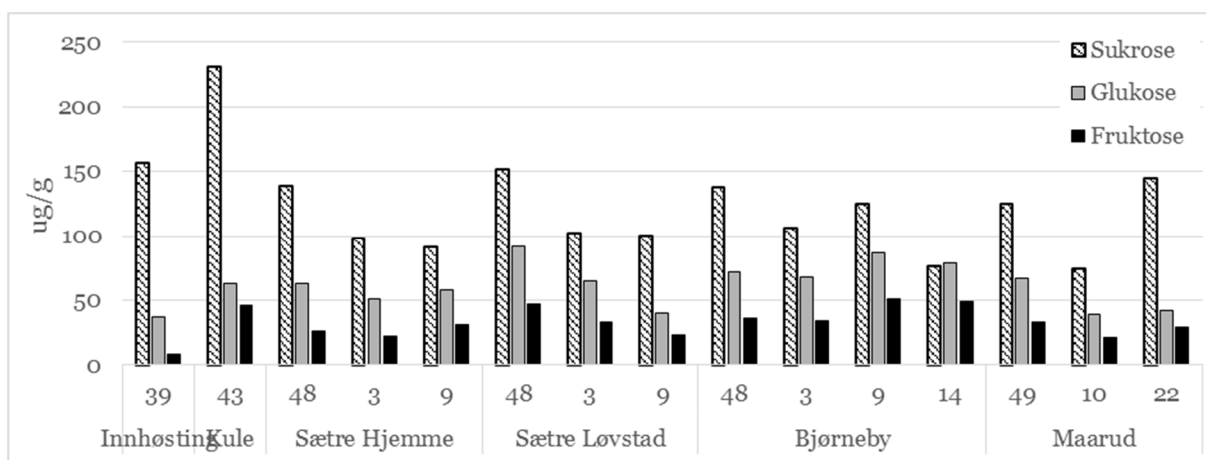
Akrylamid og sukkerinnhold ble fulgt fra innhøsting til kule og gjennom hele lagringsperioden. Det var lavest akrylamidinnhold ved innhøsting og det ses at det steg fra innhøsting (uke 39) til etter kulelagring (uke 43) fra 526 ug/kg til 1404 ug/kg (figur 10). Ved første uttak fra lager (uke 48/49) hadde 'lager 2' høyeste nivå mens 'lager 1' hadde lavest nivå. Det var dog ikke sikre forskjeller mellom noen av lagrene. I januar uttaket (uke 3) falt akrylamid nivået generelt sett. Det var ikke forskjeller mellom lagrene. I mars uttaket (uke 9/10) hadde prøver fra 'lager 3' høyere akrylamid nivå enn prøver fra 'lager 2' og 'lager 4' ($p < 0,05$) mens der ikke var sikre forskjeller mellom 'lager 3' og 'lager 1'. Det ble ikke tatt flere prøver fra lager 1 og 2 etter mars uttaket da disse ble tømt, men siste uttak fra 'lager 3' (uke 14) viste fortsatt høye akrylamid verdier. Siste uttak fra lager 4 (uke 22) viste samme akrylamidnivå som forrige uttak (uke 10). Det gjennomsnittlige akrylamid nivå lå over grenseverdien (750 ug/kg) ved alle uttak unntatt ved innhøsting og uke 10 uttaket fra lager 4.



Figur 10. Predikert akrylamid (ppm) til ulike tidspunkter (fra uke 39 i 2017 til uke 22 i 2018) Prøve uttak ved høst, fra kule før innlagring på kasse-/løslager og under lagringsperioden fra 4 ulike lagre.

Sukkerinnholdet (sukrose, glukose og fruktose) var påvirket av kulelagringen og steg under kulelagring frem mot uttaket i uke 43 (figur 11). Etter utplassering på lager sås også en stigning i innholdet av reduserende sukkerarter (glukose og fruktose), men størst stigning på 'lager 2' ved uttaket i uke 48. Ved januar uttaket falt glukose og fruktose verdiene igjen, hvilket stemmer overens med akrylamid nivået, da akrylamid er påvirket av innholdet av reduserende sukkerarter. Ved mars uttaket (uke 9/10) skilte 'lager 4' og 'lager 2' seg ut ved å ha et lavere innhold av glukose og fruktose enn de andre to lagrene. 'lager 3' hadde høyt innhold av glukose og fruktose ved uttaket i uke 9 og skilte seg ut fra de andre lagrene.

'lager 3' hadde fortsatt høyt sukkerinnhold i uke 14, noe som antakeligvis skyldes senescent sweetening da vi samtidig så et fall i sukrose. Ved senescent sweetening akkumuleres sukker i knollen på grunn av fysiologisk aldring da knollene trenger energi til å sette nye spirer. Dette er en ikke-reversibel prosess. Ved uttaket fra 'lager 4' i uke 22 så det en stigning i sukrose innholdet, men ingen endring i glukose og fruktose hvilke er viktigst i forhold til chipskvaliteten og akrylamid.



Figur 11. Sukrose, glukose og fruktose innhold til ulike tidspunkter (fra uke 39 i 2017 til uke 22 i 2018) Prøve uttak ved høst, fra kule før innlagring på kasse-/løslager og under lagringsperioden fra 4 ulike lagre.

Temperatur svingninger og lave temperaturer (5-8 °C) på 'lager 2' fram mot første prøveuttak i uke 48 først i desember kan forklare de høye sukker- og akrylamidnivåene ved prøveuttak i uke 48. På 'lager 3' var det ved uttak i uke 9 forhøyede CO₂ verdier som følge av lave ute-temperaturer og dermed stengning for inntak av uteluft (figur 9). Dette kan muligvis forklare det forhøyede sukker- og akrylamidinnhold i knollene ved dette uttaket. Høyt sukker- og akrylamidinnhold ved uke 14 uttaket skyldes nok senescent sweetening. Det er også observert en stigning i temperaturen på 'lager 3' frem mot siste uttak hvilket kan ha fremmet aldringsprosessen i knollene.

4.2 Råvare kvalitet og CO₂

4.2.1 Standardanalyse av råvaren

Potetmaterialet ble gjennomgått for feil ved innhøsting. Det var ingen indre feil og det var lite ytre feil på nær noe skurv. Bilde 6 viser potetmaterialet.



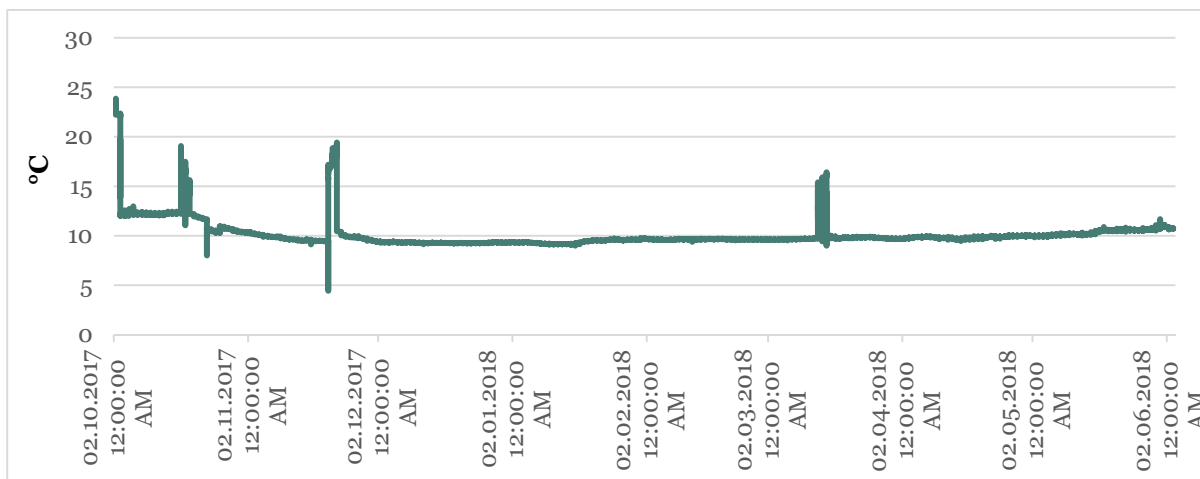
Bilde 6. Prøvematerialet Lady Claire og P02-18-66 gjødslet med to ulike nitrogen nivåer (10 og 20 kg N/daa)

4.2.2 Temperatur logging

Temperaturloggere fulgte prøvene på lager og forsøkslager.

4.2.2.1 Temperatur i forsøk med høy CO₂ rett etter innhøsting

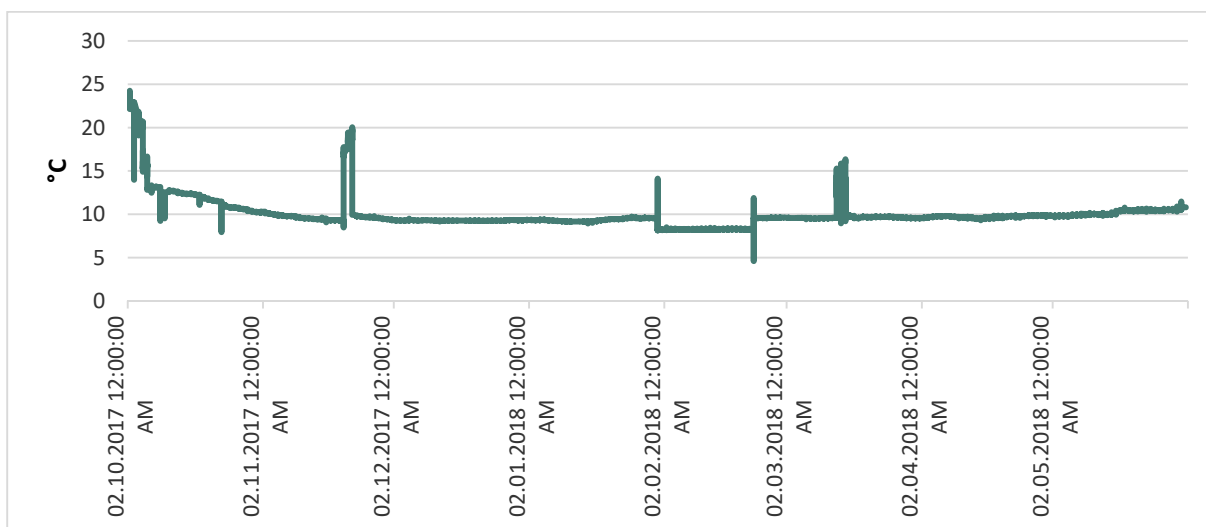
Temperaturen lå stabilt på 12 °C i forsøkslageret fra 4. oktober til 18. oktober (figur 12). Etter forflytning til Maarud lager ble temperaturen gradvis senket til 9 °C over en måned og holdt seg stabilt frem til forsøket tok slutt i slutten av mai. Det er to perioder med oppsving til 15-20 °C i løpet av lagringsperioden (20-22 november og 13-15. mars). Dette skyldes at prøvene ble tatt ut av lageret under antigrobehandlingen for å unngå påvirkning av prøvematerialet av antigrobehandlingen. Det er ikke grunn til å tro at denne temperaturøkningen har påvirket akrylamid og sukkernivået i prøvematerialet.



Figur 12. Lagertemperatur på forsøkslager i forsøksperioden med høye CO₂ verdier fra 4. oktober til 18. oktober 2017. Deretter temperatur på Maarud løslager fra den 18. oktober til forsøk slutt 20. mai.

4.2.2.2 Temperatur i forsøk med høy CO₂ i vinterperioden

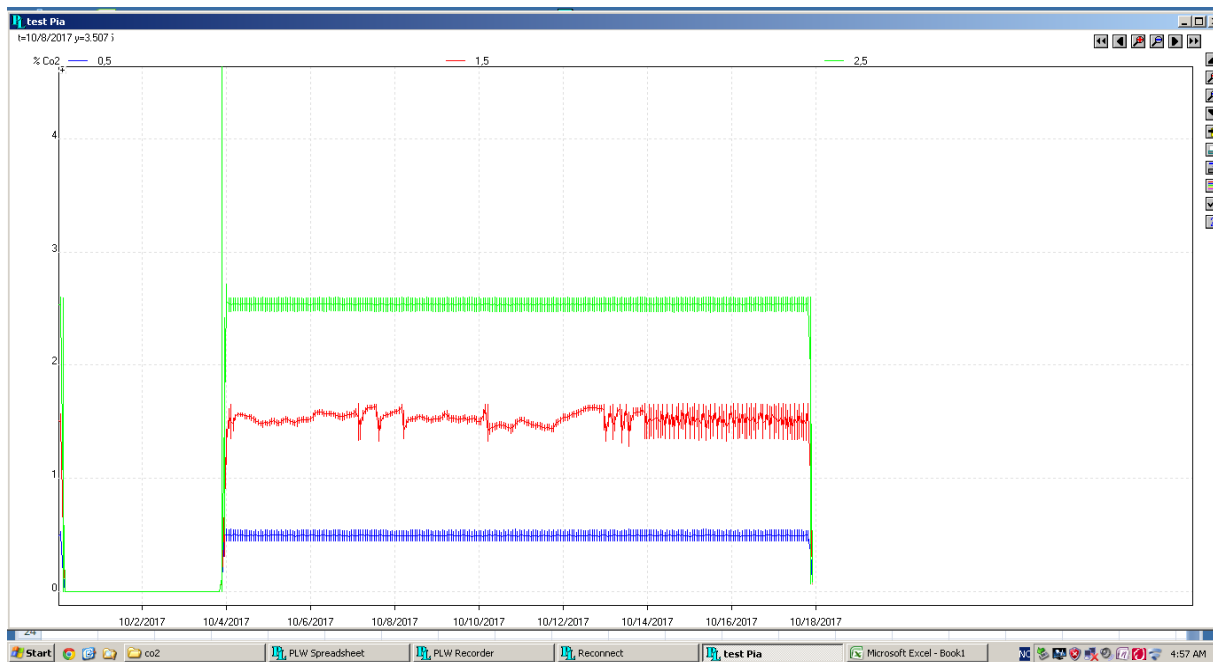
I figur 13 ses det også en gradvis senkning i temperatur fra 12 til 9 °C fra innlagring først i oktober til slutten av november. Grafen viser også to perioder med oppsving til 15-20 °C i november (20.) og mars (15.). Dette skyldes at prøvene ble tatt ut av Maarud sitt lager under antigrobehandling av lageret. I forsøksperioden fra 31. januar til 21. februar lå temperaturen på forsøkslager stabilt på 8,2 °C.



Figur 13. Lagertemperatur på Maarud forsøkslager fra forsøkstart 4. oktober til forsøk slutt 20. mai. I forsøksperioden var temperaturen målt på forsøkslager med høye CO₂ verdier fra 31. januar til 21. februar.

4.2.3 CO₂ nivå registrert på forsøkslager

Det ble registrert CO₂ i de 3 kamrene i forsøkslageret i begge forsøk (høst og vinter) med forhøyet CO₂ nivå. I perioden 4.-18. oktober (figur 14) lå CO₂ stabilt på henholdsvis 5000, 15000 og 25000 ppm men noen små avvik på 15000 ppm kammeret. I vinterperioden 31.januar- 21. februar lå CO₂ nivåene også stabilt på 5000, 15000 og 25000 (figur 15) i hele perioden unntatt i kammeret med 15000 ppm som hadde et avvik fra den 16.-19 februar hvor CO₂ nivået lå på ca. 12000 ppm.



Figur 14. Registrert CO₂ nivå på forsøkslageret i forsøksperioden fra 4. oktober til og med 18. oktober. 25000 ppm (grønn), 15000 ppm(rød) og 5000 ppm (blå).



Figur 15. Registrert CO₂ nivå på forsøkslageret 31. januar til og med 21. februar. 25000 ppm (grønn), 15000 ppm(rød) og 5000 ppm (blå).

4.2.4 Akrylamid

4.2.4.1 Sorter

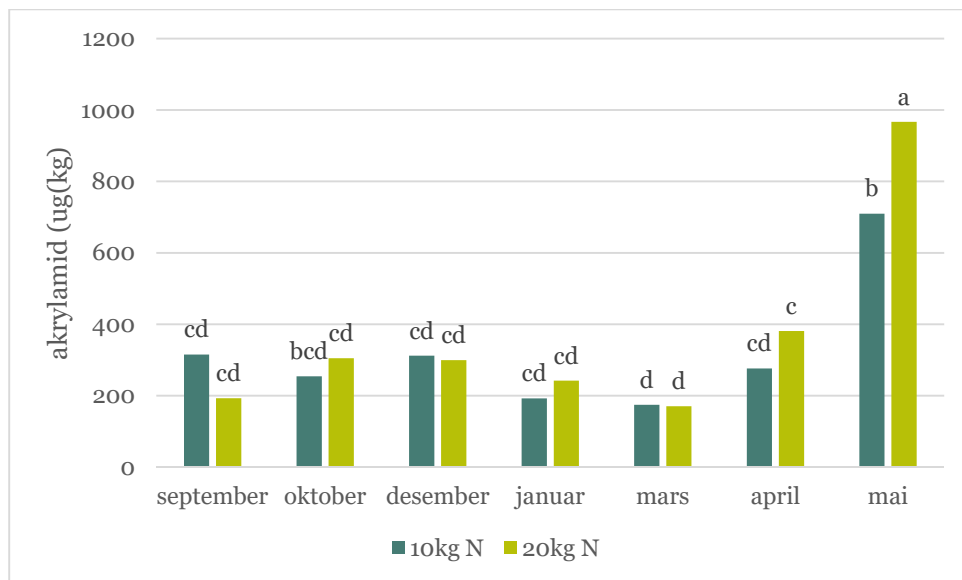
Det var sikre forskjeller mellom sorter når det gjaldt akrylamidinnhold ($P < 0,0001$). Det var signifikant høyere innhold i P02-18-66 gjennom hele lagringsperioden. Det var uakseptabelt høye verdier i P02-18-66 (> 750 ug/kg) gjennom hele perioden. I Lady Claire var akrylamid innholdet først over grenseverdien ved siste uttak i mai.

4.2.4.2 Endringer over tid

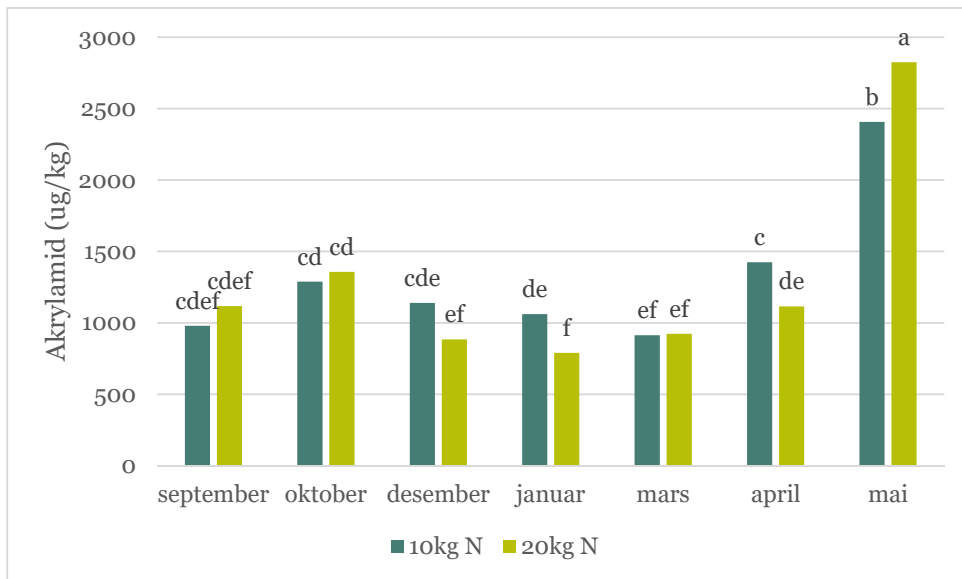
Akrylamid innholdet i både Lady Claire og P02-18-66 endrede seg over tid og nådde sitt høyeste nivå ved siste uttak i mai måned (figur 16-21). Dette skyldes senescent sweetening.

4.2.4.3 Ulike N-nivåer

Det var to ulike nitrogen behandlinger som hadde til formål og dyrke frem poteter med ulik modningsgrad (10 kg N=moden og 20 kg N=umoden). Det var forventet forskjeller i sukker og akrylamid innhold mellom modene og umodne, hvor den modne burde ha et lavere innhold enn den umodne. I forsøket var det mot forventning ikke sikre forskjeller mellom behandlinger unntatt siste uttak i mai hvor det var større akrylamid innhold ved behandling med 20 kg N (figur 16 og 17).



Figur 16. Akrylamid innhold (ug/kg) i Lady Claire gjødslet med ulik N-mengde (10 eller 20 kg/daa) ved uttak til forskjellig tidspunkt gjennom lagringsperioden.



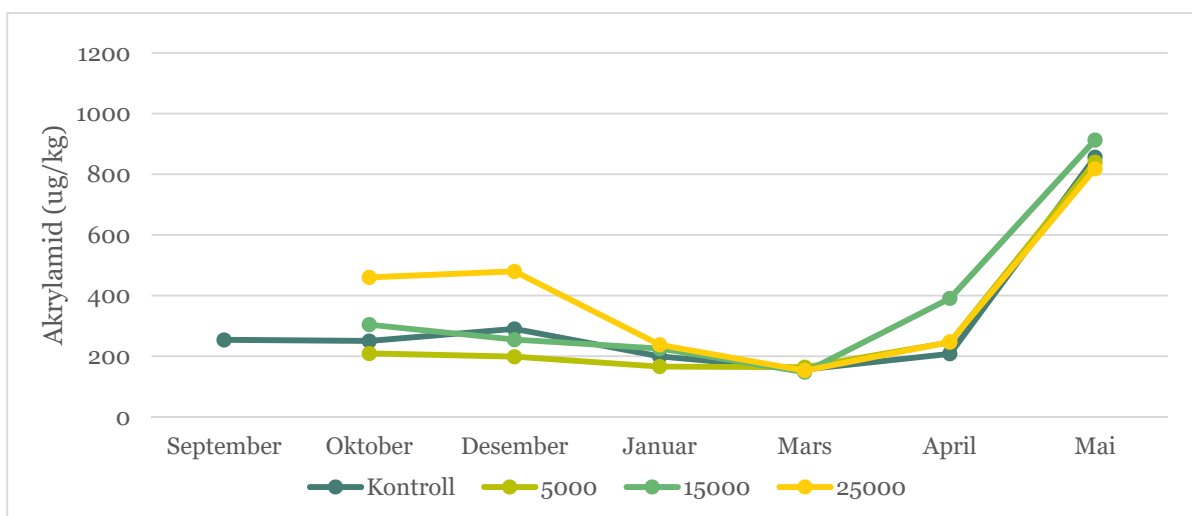
Figur 17. Akrylamid innhold (ug/kg) i P02-18-66 gjødslet med ulik N-mengde (10 eller 20 kg/daa) ved uttak til forskjellig tidspunkt gjennom lagringsperioden.

4.2.5 Effekt av CO₂ behandling

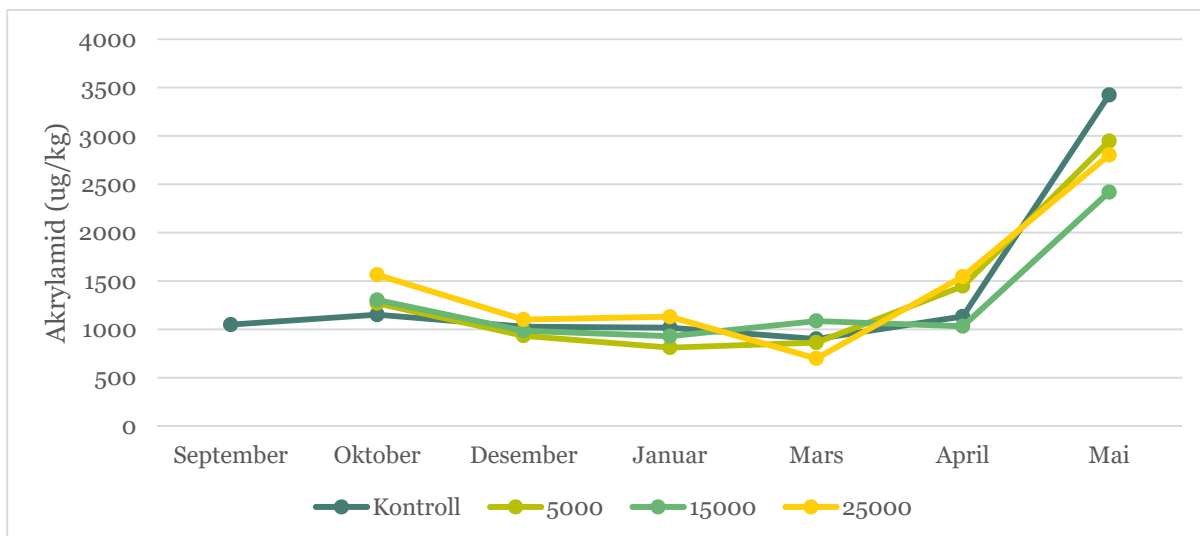
4.2.5.1 Høstbehandling

Akrylamid innholdet var delvis påvirket av høstbehandling (4.-14. oktober) med CO₂. Behandling med høyeste CO₂ nivå (25000 ppm) ga forhøyet akrylamid innhold i Lady Claire umiddelbart etter behandlingsperioden i oktober og ved neste uttak i desember sammenlignet med kontrollen og de andre CO₂ nivåene (figur 18). På tross av forhøyede verdier med 25000 ppm behandlingen nådde akrylamid nivået ikke over grenseverdien (750 ug/kg) ved oktober og desember uttaket. Det var ikke noen effekt av behandling med 5000 og 15000 ppm CO₂. Fra og med januar og frem til siste uttak i mai var det ikke noen effekt av høstbehandlingen sammenlignet med kontroll uten behandling.

I P02-18-66 var det forhøyet akrylamid etter 25000 ppm behandling ved første uttak etter behandling i oktober (figur 19). Ved alle andre uttak var det ikke forskjell mellom behandlinger. Akrylamid innholdet lå over grenseverdi (750 ug/kg) ved alle uttak.



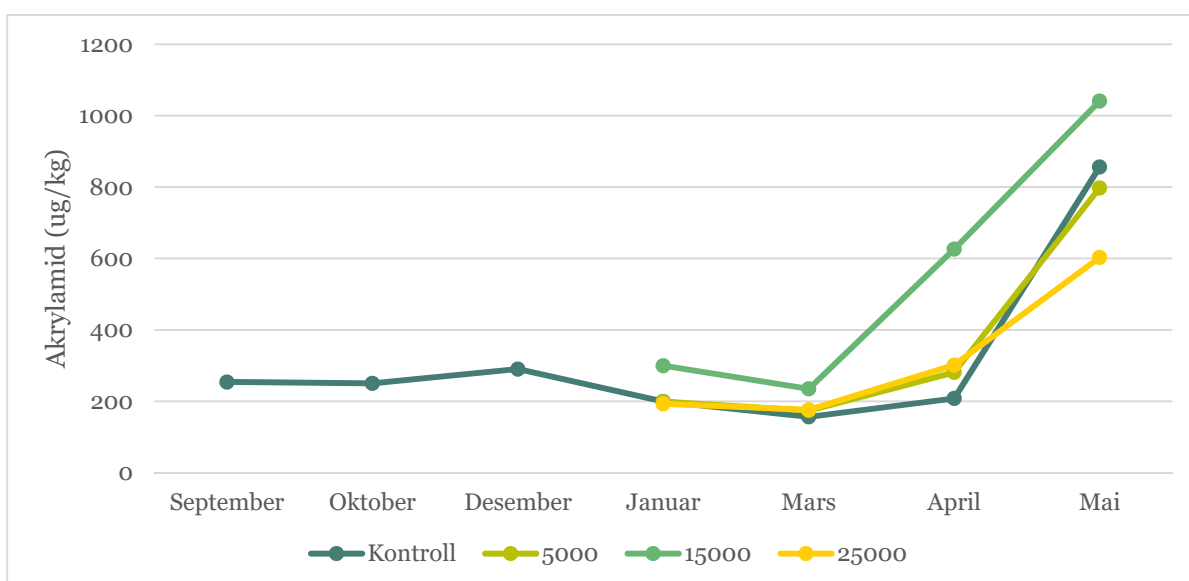
Figur 18. Akrylamidinnhold i Lady Claire til forskjellig tidspunkt etter høst CO₂ behandling 4.-14. oktober med 3 ulike CO₂-nivåer (5000, 15000 eller 25000 ppm) og en kontroll. Bokstaver angir signifikans mellom tidspunkt for uttak.



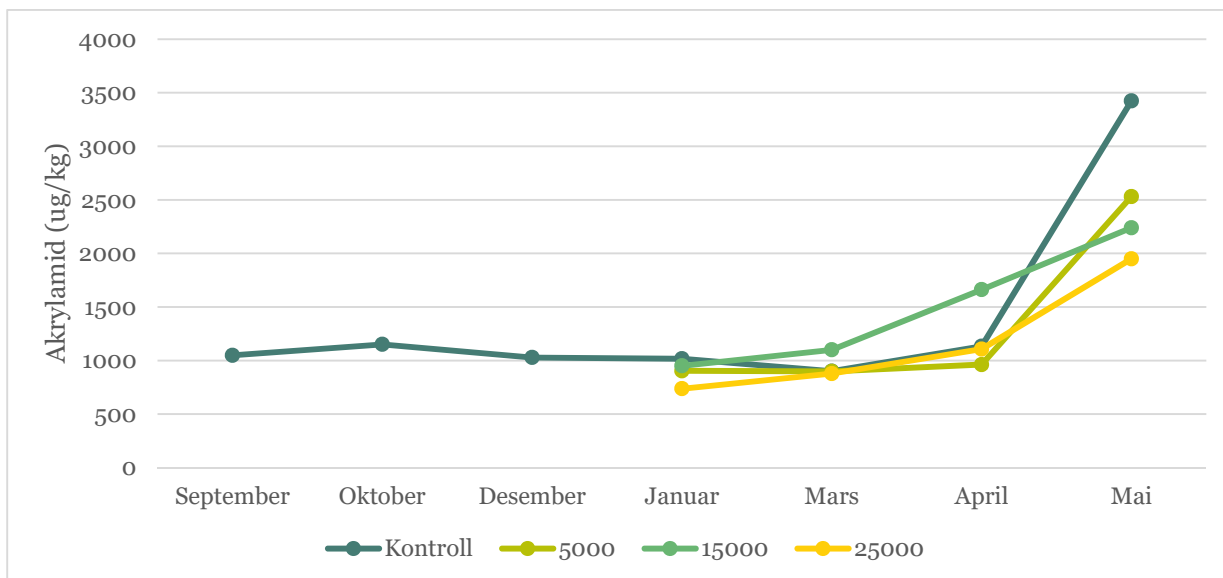
Figur 19. Akrylamidinnhold i P02-18-66 til forskjellig tidspunkt etter høst CO₂ behandling 4.-14. oktober med 3 ulike CO₂-nivåer (5000, 15000 eller 25000 ppm) og en kontroll.

4.2.5.2 Vinterbehandling

Akrylamid innholdet var lite påvirket av vinterbehandlingen i begge sorter (figur 20 og 21). Det var ingen sikre forskjeller mellom CO₂ behandlinger. Det sås dog litt forhøyet akrylamid i Lady Claire etter 15000 ppm behandling. Det er usikkert hvorfor denne behandlingen slår ut når det ikke var effekt av de andre CO₂ behandlinger med 5000 og 25000. Det var avvik i CO₂ nivået over 2 dager i behandlingsperioden og denne svingningen kan kanskje kobles sammen med utsving i akrylamid og sukker da dette delvis også viste seg i P02-18-66 ved mars og april uttaket. Lady Claire lå under grenseverdien ved alle uttak unntatt ved mai-uttaket, mens P02-18-66 lå over grenseverdien ved alle uttak.



Figur 20. Akrylamidinnhold i Lady Claire til forskjellig tidspunkt etter vinter CO₂ behandling 31. januar-21. februar med 3 ulike CO₂-nivåer (5000, 15000 eller 25000 ppm) og en kontroll.

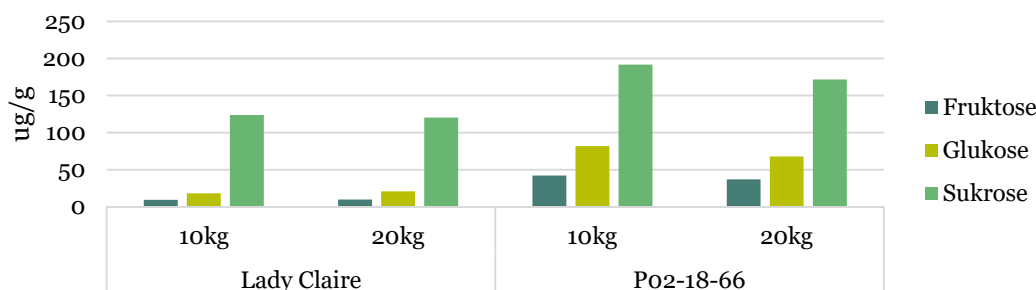


Figur 21. Akrylamidinnhold i P02-18-66 til forskjellig tidspunkt etter vinter CO₂ behandling 31. januar-21. februar med 3 ulike CO₂-nivåer (5000, 15000 eller 25000 ppm) og en kontroll.

4.2.6 Sukker

4.2.6.1 Sort og N-nivå

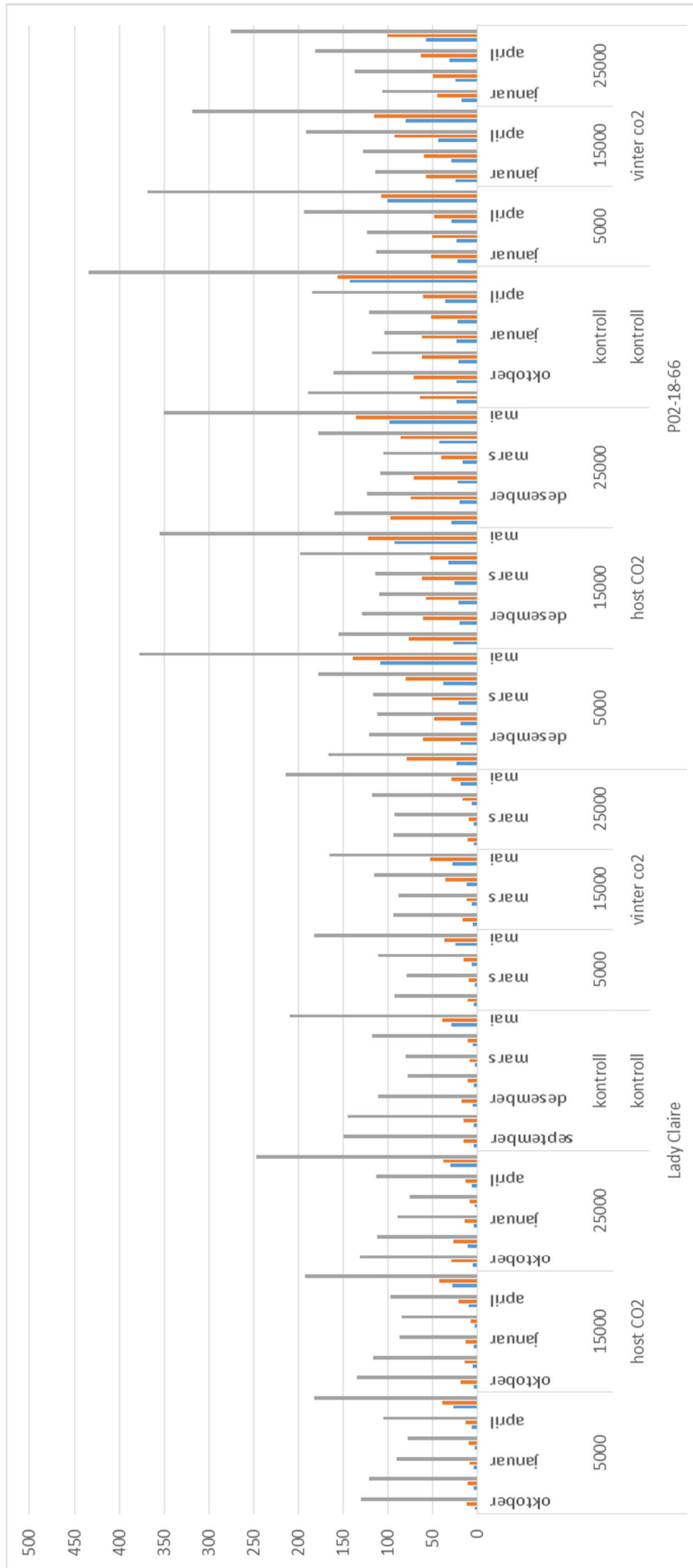
Fruktose, glukose og sukrose innholdet var signifikant høyere i P02-18-66 end i Lady Claire. Sukker innholdet var ikke påvirket av N-behandling med 10 eller 20 kg i noen av sortene.



Figur 22. Sukker innhold (sukrose, glukose og fruktose) i sortene Lady Claire og P02-18-66 gjødslet med 10 eller 20 kg N.

4.2.6.2 Effekt av CO₂ behandling

Figur 23 viser innhold av sukrose, glukose og fruktose ved alle uttak i Lady Claire og P02-18-66 behandlet med tre ulike CO₂ nivåer til forskjellig tidspunkt (høst eller vinter). Det ses høyest total sukker innhold ved siste uttak i mai måned i begge sortene. Høst CO₂ behandlingen med 25000 ppm ga utslag på glukose nivået i Lady Claire rett etter behandling (oktober) men glukose innholdet falt til et lavere nivå igjen etter desember uttaket. Det var ingen effekt av vinter CO₂ behandlingen.



Figur 23. Sukker innhold (sukrose, glukose og fruktose) i Lady Claire og P02-18-66 ved alle uttak i lagringsperioden ved laring med eller uten CO2 (kontroll, 5000, 15000 eller 25000 ppm). Lagringsperiode høst eller vinter.

5 Konklusjoner

Kartlegging

- I kartleggingen var det en stigning i sukker og akrylamid nivået fra innhøsting(uke 39) til etter kulelagring (uke 43). Det var forskjeller mellom lagrene ved uttaket i mars (uke 9/10). Det var lavest akrylamid innhold i knollene etter lagring på lager 1 og lager 4.
- Det var sammenhenger mellom lav temperatur (<8 °C) og høyt sukker- og akrylamidinnhold. Dette sås spesielt ved uttaket fra lager 2 i uke 48. Det var også en mulig sammenheng mellom høyt CO₂ nivå og høyt sukker- og akrylamidinnhold ved uke 9 uttaket fra lager 3.

Råvarekvalitet og ulike CO₂ nivåer

- Det var forskjeller mellom sorter. P02-18-66 hadde signifikant høyere akrylamid og sukker innhold enn Lady Claire. P02-18-66 lå over grenseverdien (750 ug/kg) for akrylamid under hele perioden mens Lady Claire først overskred grensen ved siste uttak i mai.
- Det var ikke sikre forskjeller mellom poteter med ulik modningsgrad.
- Akrylamid og sukker innhold endret seg over tid og nådde sitt laveste nivå i mars og høyeste nivå ved siste uttak i mai måned.
- Høst CO₂ behandling med 25000 ppm hadde effekt på akrylamid nivået ved uttaket i oktober og desember i Lady Claire og i oktober i P02-18-66, mens det ikke var noen effekt av CO₂ behandling ved de andre uttak.
- Vinter CO₂ behandling med 15000 ppm resulterte i forhøyede akrylamid og sukker verdier resten av lagringsperioden i Lady Claire. I P02-18-66 var det forhøyet sukker- og akrylamidinnhold etter vinter CO₂ behandling ved mars og april uttaket.

Notater

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.