

ENSILERING AV FRASORTERTE POTETER OG GULRØTTER - FRA TAP TIL FÔR MED TILLEGGSVERDI



Forside: Frasorterte poteter fra Produsentpakkeriet Trøndelag AS ble kuttet og pakket i vakuumposer for ensilering (foto: Adler, S., NIBIO).

Bakside: Vaskede, frasorterte poteter har god fôrverdi, men kort holdbarhet (foto: Adler, S., NIBIO).

TITTEL/TITLE

Ensilering av frasorterte poteter og gulrøtter - Fra tap til fôr med tilleggsverdi

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Adler S., Slizyte R., Juvonen R., Alakomi H.-I., Rubasheuski V. & Ebbesvik M.

DATO/ DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/ AVAILABILITY:	PROSJEKT NR./ PROJECT NO.:	SAKSNR./ ARCHIVE NO.:	
30.06.2017	VOL. 2 / NR. 4 / 2017	ÅPEN	256976		
ISBN-NR./ISBN-NO:		ISBN DIGITAL VERSJON/ ISBN DIGITAL VERSION:	ISSN-NR./ISSN-NO:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:
978-82-8202-035-0				34	
OPPDRAAGSGIVER/EMPLOYER: REGIONALT FORSKNINGSFOND MIDT-NORGE			KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON: STEFFEN ADLER		
STIKKORD/KEYWORDS: Potet, gulrot, ensilasje, probiotika, fôr Potato, carrot, silage, probiotics, feed			FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK: Fôrkonservering Feed preservation		

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Omtrent en fjerde del av potetene og gulrøttene som pakkeriene mottar blir sortert ut fordi de ikke oppfyller kravene til salg av fersk mat. Disse restråvarene har lav økonomisk verdi til tross for god fôrverdi. I dag leveres frasorterte råvarer til matindustri og brukes som fôr til drøvtyggere. Målet med prosjektet var å finne ut om potet og gulrot ensilert med probiotiske bakterier kan ha et potensiale som fôrprodukt. I tillegg til en litteraturgjennomgang på ensilering, fôring med ensilasje og probiotika, besto prosjektet av to deler: Ensileringsforsøk med vakuumposer for å teste effekten av ulike blandinger og tilsetning av melkesyrebakterier på ensileringskvalitet og lagringsstabilitet og en casestudie for å sammenligne betydningen av ulike scenarier for logistikk og økonomi. Produsentpakkeriet Trøndelag AS på Frosta fungerte som case i prosjektet. To ensileringsforsøk ble gjennomført i samarbeid mellom NORSØK, NIBIO, SINTEF Ocean og Technical Research Centre of Finland Ltd (VTT). Møreforskning Molde og NORSØK samarbeidet om casestudien. Ensilering av kokt potet var vanlig på 50-tallet i Norge og ble fôret til gris. Ensilert potet ble også gitt til drøvtyggere for eksempel i USA og i Tyskland. Det finnes få rapporter om ensilering av gulrot, men et pågående prosjekt har dette som tema i Finland. Nyere publikasjoner om ensilering av potet indikerer økende interesse å utnytte denne ressursen bedre. Det er også mye fokus på probiotika og tarmhelse hos produksjonsdyr som kan redusere behovet for antibiotika. Ensileringsforsøkene viste at blanding av hakket potet med hvetekli eller høy og en tørrstoffandel på 33-45% ga lite avrenning og rask pH-senkning (til pH 4) som følge av melkesyre gjæring. Gulrot kunne ensileres også ved lavere tørrstoffinnhold uten fare for avrenning (15-40%). Tilsetning av melkesyrebakterier ga noe lavere pH og er en fordel når det er vanskelig å oppnå rask pH-senkning. Fiskehydrolysat økte proteininnholdet i blandingen, men også pH-verdien. Lagringsstabiliteten etter åpning av ensilasjeposene varierte mye. I mange tilfeller kunne ensilasjen lagres ved romtemperatur i opptil to uker uten at varmgang ble registrert. Mikrobiologiske analyser i forsøk 2 viste at store mengder

melkesyrebakterier var tilstede i alle blandinger. Det ble ikke funnet uønskede bakterier, men mugg- og gjærsopp ble funnet i to prøver. Ensilering av 4.000 tonn potet og 350 tonn gulrot krever investering i utstyr for hakking, blanding og pakking. I casestudien ble pakking i rundballer med en kompaktor valgt. Scenariene inneholdt rå og kokt potet, rå gulrot, valset bygg, høy og tilsetning av ulike bakteriepreparater samt et alternativ med innblanding av 10% fiskehydrolysat. De største årlige kostnadene var innkjøp av bygg og arbeidsinnsats. Ved en estimert salgspris på 825 kr/tonn potetensilasje (33% tørrstoff), 950 kr/tonn for ensilasje av kokt potet, 500 kr/tonn gulrotensilasje (20% tørrstoff) og 1.238 kr/tonn potetensilasje med fiskehydrolysat var inntektene lavere enn kostnadene. Underskuddet var på -88 til -408 kr/tonn råvare. Til sammenligning ga dagens system et overskudd på 108 kr/tonn råvare. Ensilasjen som hadde det laveste underskuddet var kokt potet ensilert med bygg. En må finne prisgunstige alternativer til bygg som tørrstoffingrediens for at ensilering kan lønne seg. Likevel vil det kun for større pakkerier være aktuelt å investere i en kostbar produksjonslinje for ensilering. Betydningen for regionen Midt-Norge vil dermed være avhengig av at en kan senke kostnadsnivået i produksjonen av ensilert fôr. Det vil også være nødvendig å skape et marked ved å dokumentere og formidle eventuelle positive effekter av probiotika og å utvikle praktiske løsninger for utfôring. Implementeringen er per i dag ikke mulig, men prosjektgruppen konkluderte at det er behov for mer kunnskap om alternative tørrstoffingredienser, smakelighet av fôret og helseeffekter i ulike husdyrproduksjoner.

Approximately one out of four potatoes and carrots is sorted out at vegetable packing facilities because they do not fulfil the requirements for fresh food. These raw materials have low economical value, but good feed value. Today, out-sorted potatoes and carrots are delivered to the food industry or sold as fresh feed for ruminants. The aim of the project was to find out if potatoes and carrots ensiled with probiotic bacteria may have a potential as a feed product. In addition to a literature study, ensiling experiments with different mixtures in vacuum bags and a case study on logistics and economy were accomplished. The processing plant "Produsentpakkeriet Trøndelag AS" was used as a case. In the 1950-ies, boiled and ensiled potatoes were fed to pigs in Norway, USA, Germany and other countries. During the last decade, the topic has gained increasing interest internationally. However, little is known about ensiling carrots. Potential health benefits from probiotic bacteria is an important research topic and may contribute to reduced use of antibiotics in animal husbandry. The ensiling experiments showed that mixtures of potato and bran with a dry matter content of 33-45% are suitable for ensiling and result in small run-off losses and a rapid decrease in pH. Carrots could be ensiled successfully at 15-40% dry matter content. Lactic acid bacteria lowered pH additionally. Fish hydrolysates increased protein content in the silage but also pH-values. Shelf life after opening the vacuum bags varied, but most silages could be stored at ambient temperature for two weeks without increase in temperature. All silages analysed for lactic acid bacteria had high concentrations indicating good conditions for lactic acid fermentation. Ensiling 4,000 tonnes of potatoes and 350 tonnes of carrots at "Produsentpakkeriet" would require investment in a processing line for chopping, mixing and packing roundbales of 550 kg. Different scenarios included raw potatoes, boiled potatoes, raw carrots, barley, hay, fish hydrolysate and probiotic inoculants. The largest costs were related to purchasing barley and hay, and work hours. Estimated sales price for potato silage was 825 NOK/tonne (33% dry matter), for boiled potato silage 950 NOK/tonne, for carrot silage 500 NOK/tonne (20% dry matter), and 1,238 NOK/tonne for potato silage including 10% fish hydrolysate. Costs were higher than incomes for all silages, resulting in deficits between -88 and -408 NOK/tonne. The current utilisation gave a small profit of 108 NOK/tonne. Silage of boiled potatoes had the lowest deficit. Replacing barley with a more cost-efficient ingredient may be a strategy to make ensiling of out-sorted potatoes and carrots economically viable; however, only large packing facilities would be able to invest in an efficient processing line. Furthermore, it would be necessary to document and promote beneficial effects of probiotics in animal husbandry. Although implementation is currently not possible, the project group has identified a need for more knowledge on alternative ensiling ingredients, palatability of silage and possible health effects on monogastric animals.

LAND/COUNTRY:

Norge

FYLKE/COUNTY:

Møre og Romsdal

KOMMUNE/MUNICIPALITY:

Tingvoll

STED/LOKALITET:

Tingvoll gard

GODKJENT /APPROVED

TURID STRØM, DAGLIG LEDER NORSØK

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

STEFFEN ADLER, NIBIO

Forord

I denne rapporten presenteres resultater fra forprosjektet «Fra tap til fôr med tilleggsverdi - Ensilering av frasorterte poteter og gulrøtter» (RFFMIDT, nr. 256976). I dag har frasorterte poteter lav verdi og selges til matindustri eller som ferskt fôr til husdyrprodusenter. Målet med prosjektet var å finne ut om potet eller gulrot ensilert med probiotiske bakterier kan ha et potensiale som fôrprodukt. Prosjektet ble utviklet på bakgrunn av utprøvinger i prosjektet CYCLE «Utnyttelse av råvarer i matkjeden i et bioøkonomisk perspektiv» (BIONÆR, Norges forskningsråd, 2013-2016, SINTEF Ocean), der en blanding av frasorterte poteter, surfôr og betepulp ble ensilert i rundballer. Utprøvingen var vellykket, og det var et ønske fra forskere og industripartnere i CYCLE om å undersøke dette nærmere i et forprosjekt. Prosjektet «Fra tap til fôr med tilleggsverdi» var todelt. Del en besto av to ensileringsforsøk med ulike råvarer og tilsetninger i vakuumposer, og del to var en casestudie der Produsentpakkeriet Trøndelag AS ble brukt for å beregne scenarier for ensilering av frasortert potet som et alternativ til dagens bruk. Det ble også gjennomført en litteraturstudie for å kartlegge eksisterende kunnskap om ensilering av potet og gulrot og mulige helseeffekter av probiotiske bakterier i fermentert fôr til husdyrproduksjoner der tarmhelse er en utfordring.

Prosjekteier NORSØK gjennomførte et ensileringsforsøk på Tingvoll og bidro i de økonomiske vurderingene (Martha Ebbesvik). Thor-Eirik Albrektsen (Produsentpakkeriet) stilte data fra Produsentpakkeriet til disposisjon og leverte råvarer til ensileringsforsøkene. Steffen Adler (NIBIO) ledet prosjektet, gjennomførte litteraturstudien og deltok i ensileringsforsøket på Tingvoll. Rasa Slizyte (SINTEF Ocean) gjennomførte et ensileringsforsøk på SINTEF. Riikka Juvonen (VTT) og Hanna-Leena Alakomi (VTT) bidro med probiotiske bakterier (VTT) og i planleggingen og tolkningen av ensileringsforsøkene. Oddmund Oterhals (Møreforskning Molde) og Uladzimir Rubasheuski (Møreforskning) analyserte logistikk og økonomi i casestudien.

Prosjektet er finansiert av Regionalt forskningsfond, Midt-Norge og Fylkesmannen i Nord-Trøndelag i tillegg til egeninnsats fra samarbeidspartene i prosjektet.

Vi takker referansegruppa som besto av Nils Petter Kjos (NMBU, Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap), Atle Haugnes (Norsk landbruksrådgivning) og Hallgeir Sterten (Felleskjøpet Fôrutvikling) for gode innspill på oppstartsmøtet og underveis i prosjektet. Takk til produsentene BIOMIN Holding GmbH, Lallemand SAS og Cerbios-Pharma SA som har stilt bakteriepreparater sine velvillig til disposisjon i ensileringsforsøkene. Takk til Austmann bryggeri i Trondheim som har levert mask som råvare til ensilering.

Tingvoll, 21.06.2017

Turid Strøm

Daglig leder NORSØK

Innhold

Forord	1
Innhold.....	2
Innledning.....	3
Eksisterende kunnskap om ensilering av potet og gulrot og bruk av probiotiske bakterier.....	3
Ensilering av potet og gulrot	3
Ensilering av frasorterte poteter før 1990	3
Ensilering av potet og gulrot i andre land.....	4
Ensileringsprosessen	4
Tilsetningsstoffer	5
Mekanisering	6
Ensilerte poteter og gulrøtter som fôr.....	6
Probiotiske organismer og potensielle helseeffekter hos produksjonsdyr	6
Del 1: Ensileringsforsøk	8
Materiale og metoder	8
Råvarer og bakteriepreparater	8
Blandinger	8
Registreringer, analyser og lagringsstabilitet.....	12
Statistisk analyse.....	14
Resultater og diskusjon	15
Avrenning.....	15
Gassproduksjon.....	15
Surhetsgrad	17
Sensorisk vurdering.....	19
Mikrobiell karakterisering.....	19
Lagringsstabilitet.....	19
Oppsummering ensileringsforsøk	21
Del 2: Casestudie: Scenarier for kommersiell ensilering av frasortert potet og gulrot.....	23
Materiale og metoder	23
Produsentpakkeriet på Frosta.....	23
Frasorterte poteter og gulrøtter	23
Resultater og diskusjon	25
Dagens logistikk og økonomi	25
Ensilering av frasorterte råvarer	25
Investeringskostnader, arbeidsbehov og driftskostnader	27
Lønnsomhet	29
Evalueringen av potensialet for hele regionen, Midt-Norge	30
Konklusjoner.....	31
Problemstillinger for videre arbeid	32
Litteraturreferanser.....	33

Innledning

På 50- og 60-tallet var det vanlig å koke frasorterte poteter og gi til gris. Ved behov ble kokte poteter ensilert for å kunne lagres utover vinteren. I dag er det ikke vanlig å gi potet til gris. Grønnsakspakkeriene sorterer ut store mengder potet og gulrot på grunn av feil størrelse, uønsket form eller ytre skader som kan gi begrenset lagringstid. Frasorterte råvarer blir solgt til matindustrien eller som fôr til drøvtyggerprodusenter, men har lav økonomisk verdi til tross for en ernæringsmessig verdi som tilsvarer fraksjonen som selges som fersk mat. Samfunnet ønsker å redusere matsvinnet i hele verdikjeden, og det har vært tema i flere forskningsprosjekter som for eksempel CYCLE (SINTEF Ocean, www.cycleweb.no) eller SusValueWaste (NIFU, www.susvaluewaste.no). Det har de siste årene også blitt økt fokus på avhengigheten i norsk landbruk av importert fôr i norsk landbruk, og det er et mål å utnytte norskprodusert fôr og biprodukter mer effektivt for å redusere import av fôr. Bruk av ensilert potet og gulrot kan være med på å redusere bruken av importert fôr i husdyrholdet.

Produsentpakkeriet Trøndelag AS på Frosta har som industripartner i CYCLE-prosjektet gitt uttrykk for at de ønsker en bedre ressursutnyttelse av frasorterte varer og høyere inntekter fra denne varegruppen. Ensilering øker holdbarheten av poteter, og ensilering i rundballer har blitt testet i CYCLE. Målet med forprosjektet «Fra tap til fôr med tilleggsverdi» var å fremskaffe mer kunnskap om ensilering av frasortert potet og gulrot i ulike blandinger og med tilsetning av probiotiske bakterier. Effekt av ensilering på avrenning, pH, mikrobiell kvalitet og lagringsstabilitet ble studert i ensileringsforsøkene med vakuumposer. Dette var del 1 av prosjektet. Videre var det et mål å vurdere økonomiske konsekvenser av en eventuell storskala produksjon gjennom en casestudie, del 2 i prosjektet. Produsentpakkeriet Trøndelag AS ble brukt som case i studien av ulike scenarier i fullskala. Det var også et mål å estimere betydningen for hele regionen dersom en implementerer denne verdikjeden.

Det overordnede målet var å finne ut om potet og gulrot ensilert med probiotiske bakterier kan ha et potensiale som fôrprodukt. Videre var det et mål å avdekke aktuelle problemstillinger for et mulig forskningsprosjekt.

Eksisterende kunnskap om ensilering av potet og gulrot og bruk av probiotiske bakterier

Ensilering av potet og gulrot

Produsentpakkeriet holder til i Frosta kommune. Kommunen har et aktivt produsentmiljø for potet- og grønnsakdyrkere og har fått kallenavnet «Trondheims kjøkkenhage».

Ensilering av frasorterte poteter før 1990

Ifølge Arne Logstein, pensjonert bonde, Logstein gård, Frosta (telefonintervju, 17. januar 2017), hadde Frosta salgslag hadde et eget potetkokeri fra midten av 50-tallet til slutten av 80-tallet. Organisert koking av potet startet tidlig på 50-tallet da dampbåten til Trondheim kokte poteter når det lå ved kai på Frosta. Metoden var ingen suksess fordi potetene ikke ble vasket i prosessen.



Bilde 1. I dag er det bare rester igjen av potetkokeriet på Frosta. Potetene ble vasket og kokt i store tanker som var montert på hver side av stativet som vises i forgrunnen (foto: Adler, S., NIBIO).

Midt på 50-tallet fikk Frosta salgslag eget potetkokeri (Arne Logstein, pensjonert bonde, Logstein gård, Frosta (telefonintervju, 17. januar 2017)). På kokeriet ble potetene vasket og kokt på et oljefyrt anlegg (bilde 1). Bøndene fikk tilskudd via jordbruksavtalemidler som dekket kostnader ved koking. Da tilskuddet falt bort på slutten av 80-tallet opphørte den arbeidskrevende praksisen med å koke poteter.

Logstein forteller at poteter som ikke kunne selges som mat ble ensilert på gårdene. På Logstein gård ble grisebinger delt i to og kledd med plast og brukt som ensileringssilo. En silo inneholdt 2-3 m³ kokte poteter. Når potetene ble fylt i bingen var det viktig å trampe godt før massen ble dekket med plast og et lag med kålrot som lodd på toppen. En lufttett silo kunne lagres lenge, men når den først ble åpnet var holdbarheten kort. Logstein beskriver at konsistensen til ensilert potet lignet på ost. Logstein gård er på 200 mål og på 50-60-tallet var det 7-8 kyr og 5-6 griser på gården som hver fikk 5-10 kg med ensilerte poteter om dagen i 1 til 2 måneder. Gårder som hadde større mengder potet kunne ha ensilerte poteter fram til våren, men det var også vanlig å fôre kokte poteter direkte. I dag er det ikke vanlig å gi potet eller grønnsaker til gris, men utsorterte poteter og grønnsaker fra Produsentpakkeriet brukes fortsatt som fôr til kyr og ungdyr på Frosta.

Ensilering av potet og gulrot i andre land

En rekke publikasjoner fra tidlig på 1900-tallet til 1980-tallet indikerer at det også fantes interesse for ensilering av poteter i land som USA (Maynard 1914; Shepard et al., 1946; Hover et al., 1976), Tyskland (Schöne et al., 1986) og Polen (Czarnocka-Roczniakowa et al 1972; Szember 1953). Nyere forskning på området er gjennomført Sør-Afrika (Nkosi & Meeske, 2010) og Japan (Sugimoto et al., 2010; Sugimoto et al., 2009). I tillegg har det blitt forsket på ensilering av søtpotet i Sør-Afrika (Giang et al. 2004; Thomas et al 2010). Instruksjoner for ensilering av potet i nyere tid har blitt publisert av rådgivningstjenester i flere land (Halliday, 2007; Corbett). Derimot eksisterer det lite kunnskap om hvor utbredt ensilering av potet er i dag. Det finnes veldig lite informasjon om ensilering av gulrot. I Finland pågår et prosjekt der en blant annet ser på dette (LUKE, 2016).

Ensileringsprosessen

Prinsippene for ensilering av potet og gulrot og biprodukter av disse er de samme som for grovfôr. Gode forutsetninger for fermentering er passende innhold av fermenterbart substrat, relativt lav bufferkapasitet, tørrstoffinnhold mellom 25 og 40% og anaerobe lagringsforhold. Under gode forhold produserer melkesyrebakteriene melkesyre og senker pH til 4,0 i løpet av noen dager (McDonald et al., 2002). Dette konserverer plantemassen. *Clostridia*-bakterier trives ved høyere vanninnhold og høyere pH enn melkesyrebakterier. *Clostridia* bryter ned aminosyrer og reduserer dermed fôrverdien.

Etter anbefalinger fra universitetet i Main, USA, (Corbett) lages godt potetsurfôr av fire deler potet og én del høy eller tørt maisfôr. Blandingen kuttet ved hjelp av en surfôrkutter. I følge forsøk på Prince Edward Island i Canada (Halliday, 2007) kan kuttete eller hele poteter ensileres med ferskt høstet gras, men det er viktig at potetene vaskes. Vasking eller koking av poteter reduserer faren for feilgjæring grunnet *Clostridium*-bakterier, og bruk av ensileringsmiddel sikrer rask konservering. Denne metoden egner seg ved bruk av silo eller plastsilo. Siloer for ensilering av potet må ha forsterkede vegger og drenering for pressaft. Denne metoden egner seg ved bruk av silo eller plastsilo. Ved bruk av plastsilo kan lag av hele poteter legges på 30-60 cm tykke lag med gras. Potetene blir fermentert under prosessen og ved god pakking blir potetene flatklemt. Dette reduserer risikoen for at storfe kveles av poteter. Dersom en kutter potetene og blander gras og poteter vil en få en mer ensartet ensilasje og redusere risikoen for feilgjæring. Timingen er enklere når en blander poteter med høy eller halm og potetene kan utgjøre en tredjedel av blandingen uten at det er fare for avrenning. Høy av gras eller belgvekster gir ensilasje med høyere fôrverdi enn ved bruk av halm. Det anbefales å inokulere blandingen med melkesyrebakterier og legge til rette for at disse kan utkonkurrere uønskede mikroorganismer som kan føre til redusert fôrverdi og dannelse av mykotoksiner.

Potetensilasje kan også lages av 100% poteter, men en vil da få en avrenning på opptil 600 L/tonn potet som medfører et betydelig tap av næringsstoffer og er et miljøproblem (Halliday, 2007). Corbett anbefaler ikke ensilering av kuttete poteter alene.

Hoover et al. (1976) ensilerte poteter med høy og havre i tre forskjellige blandinger som fôr til Holstein-okser. Blandingen som besto av 50% potet og 50% høy hadde høyere fordøyelighet enn ensilasje med høyere innhold av potet eller ensilasje som inneholdt hel havre i tillegg til høy. Fôropptak og fordøyelighet for den førstnevnte blandingen var sammenlignbar med maisensilasje.

I Sør-Afrika kan biprodukter fra produksjonen av potetchips bli en viktig fôrressurs for fattige bønder, fordi råvaren er billig og ensilering er en kostnadseffektiv konserveringsmetode (Nkosi, 2010). I dette forsøket ble åtte deler av potetbiproduktet (15,0% tørrstoff, 70,0% stivelse, 11,2 MJ OE/kg tørrstoff, 10,5% råprotein, 37,0% NDF) blandet med to deler høy. Blandingen ble ensilert uten tilsetningsstoff eller med myse som inneholdt melkesyrebakterier eller med melasse. Innholdet av vannløselige karbohydrater var 2,2% i blandingen uten tilsetningsstoff og dermed for lav for å sikre en god fermentering. Ifølge Haigh og Parker (1985) bør innholdet av vannløselige karbohydrater være minst 3%. Melkesyrebakterier kan ikke fermentere stivelse og ensilasjen hadde en pH på 4,5 etter 90 dager og et lavt innhold av melkesyre, mens ensilasjene med myse eller melasse ble godt konservert.

Tilsetningsstoffer

Tilsetningsstoffer til ensilasje kan klassifiseres i fem grupper:

- Stoffer som stimulerer veksten av melkesyrebakterier (f.eks. melasse, enzymer, bakteriepreparater)
- Stoffer som hemmer fermentering ved å begrense mikrobiell vekst (f.eks. maursyre)
- Stoffer som konserverer ensilasjen under aerobe forhold etter åpning av siloen (f.eks. propionsyre)
- Stoffer som øker fôrverdien (f.eks. urea, korn)
- Tørrstoffrikt material som hindrer avrenning (f.eks. korn, halm) (Kaiser, 2004; Tauqir, 2004)

Melkesyrebakterier forekommer naturlig, men i varierende konsentrasjoner i plantemateriale. Derfor har det blitt utviklet melkesyreinokulanter til ensilering (Weinberg & Muck, 1996). Inokulanter inneholder i tillegg til bakteriestammer ofte enzymer, sopp og mikronæringsstoffer for mikrobene (Parker, 1979). Enzymer (amylase) som bryter ned stivelse til glukose og maltose gjør ekstra sukker tilgjengelig for melkesyrebakterier i blandinger med høyt innhold av stivelse. Kli inneholder lite fermenterbare sukkerarter og xylanase eller cellulase kan tilsettes for å øke sukkerinnholdet. I motsetning til kli inneholder høy nok sukker til fermentering. En skiller mellom ulike typer melkesyrebakterier. Homofermentative bakterier

produserer kun melkesyre, mens heterofermentative bakterier produserer melkesyre, karbondioksidgass og etanol som biprodukter og egner seg derfor mindre til ensilering.

Derimot kan heterofermentative bakterier ha en positiv effekt på aeraob stabilitet av surfôr og det har derfor blitt utviklet inokulanter som inneholder begge grupper (Ranjit & Kung, 2000). Fakultativt heterofermentative bakterier agerer som homofermentative bakterier når karbohydrater er tilgjengelig og ellers som heterofermentative bakterier (Cornell, 2008). Vanlige homofermentative arter av bakterier brukt i inokulanter er *Lactococcus spp.*, *Lactobacillus delbruckii* og *Streptococcus salivarius*. Eksempler på homofermentative melkesyrebakterier er *Leuconostoc spp.*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus fermentum* og *Lactobacillus reuteri* (Muck & Kung, 1997).

Etter at siloen er åpnet kommer veksten av gjærsopper i gang, men det er mengden av gjærsopper som utnytter laktat som er avgjørende for når ensilasjens kvalitet forringes (Woolford, 1990). Veksten av denne typen gjærsopp gir en temperaturstigning i ensilasjen.

Mekanisering

I dag er antageligvis ulike former av plansilo den mest vanlige ensileringsmetoden. Utprøving av ensilering i rundballer ble testet som en del av CYCLE-prosjektet (Adler & Løes, 2015). To blandinger av hakkede eller knuste poteter blandet med grassurfôr og betefiber (20 og 30% tørrstoff) ble pakket i rundballer på ca. 1.400 kg ved hjelp av en Orkel Compactor MP2000 (bilde 2). Prøver som ble tatt etter 6 og 12 uker viste at rundballen med lavt tørrstoffinnhold hadde en del avrenning. Etter 12 uker hadde begge rundballene et tørrstoffinnhold på 31%. Omtrent 20% av stivelsen i begge blandingene ble omdannet i løpet av de seks første ukene. Innholdet av organiske syrer og pH-verdiene tyder på at melkesyregjæringa kom raskt i gang, og at fôret ble godt konservert i begge rundballene. Smørsyre og maursyre ble bare funnet i små mengder. Innholdet av råprotein var ca. 10% i tørrstoffet.

Ensilerde poteter og gulrøtter som fôr

Poteter har høye avlinger per arealenheter og god næringsverdi. Til drøvtyggere kan rå poteter brukes. Til gris er varmebehandling nødvendig, men drektige griser kan få opptil 25% rå potet i fôret på tørrstoffbasis (Øverland & Kjos). Potet inneholder 19-25% tørrstoff og 74-95 g råprotein/kg tørrstoff. Proteinfordøyeligheten i kokte poteter er på ca. 75% og har en aminosyresammensetning som er gunstig for gris. Potet kan ensileres rå eller kokt, men hos slaktegris fører bruk av rå potetensilasje til redusert produksjon sammenlignet med kokt ensilasje. Til melkekyr bør tildeling av rå potetensilasje begrenses til 4% av kroppsvekten, altså ca. 24 kg for ei melkeku på 600 kg (Corbett; Shepard et al., 1946). Inokulering av surfôr med melkesyrebakterier øker melkeproduksjon med ca. 5% (Muck, 1993). Konsentrasjoner over 200 mg/kg av glykoalkaloidene solanin og chakonin kan ha toksisk virkning på dyr og en må derfor unngå å fôre grønne eller grodde poteter. Hoover et al. (1976) fant at ensilasje som var produsert på like store vektandeler potet og hakket høy hadde en ernæringsmessig verdi som var sammenlignbart med maisensilasje. Tilsetning av myse og melasse ga forbedret ensileringskvalitet (Nkosi og Meeske, 2010) og potetensilasje med melasse forbedret tilveksten hos lam sammenlignet med maisensilasje. Forfatterne konkluderte med at potetensilasje med melasse kan utgjøre 20% av dietten til lam.

Probiotiske organismer og potensielle helseeffekter hos produksjonsdyr

Roy Fullers (1989) definerte probiotika som «levende mikrobielle fôrsupplement med gunstige effekter hos vertedyret ved å forbedre den mikrobielle balansen i tamen». Probiotika har vist seg å være effektive i nyfødte dyr og dyr som har blitt behandlet med antibiotika (Gaggia et al., 2010). Probiotika kan kombineres med andre tilskudd i dietten som for eksempel prebiotika (kostfiber som gir næring til ønskede mikrober i tarmsystemet), og det har gitt høyere fôreffektivitet i slaktekyllinger (Bozkurt et al., 2009). Probiotika er i hovedsak grampositive bakterier som hører til gruppene *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* eller *Pediococcus* og noen gjærstammer av artene *Saccharomyces cerevisiae* og spesielt *S. boulardii*.



Bilde 2. 1.100 kg frasorterte hakkede poteter fra Produsentpakkeriet, 150 kg grassurfôr og 180 kg betefiber ble ensilert i en rundball ved hjelp av en Orkel Compactor MP2000 (foto: Adler, S., NIBIO).

Probiotiske bakterier må kunne overleve i fordøyelseskanalen og beholde funksjonalitet og inntaket må være trygt for dyret. Til dyr anbefales $\log_6\text{-}\log_7$ cfu/g (cfu = kolonidannende enheter). Videre er det viktig at probiotika ha god stabilitet ved lagring. Mange probiotika er ikke gode starter-bakterier ved fermentering og en må derfor kombinere mikroorganismer med forskjellige egenskaper. Det har blitt rapportert at probiotika forbedrer den allmenne helsetilstanden hos dyr ved å forbedre den mikrobiologiske balansen i tarmen (Gaggia et al., 2010; Dankowiakowska et al., 2013). Mekanismene som forklarer denne effekten er ennå ikke helt forstått men det eksisterer ulike teorier som for eksempel følgende:

- Ekskluderingsprinsippet. Oral tildeling av probiotika som koloniserer tarmen i store mengder hindrer infeksjon av patogener.
- Stimulering av immunsystemet: Eksponering for probiotiske bakterier aktiverer immunsystemet, øker sjansen for at patogener blir oppdaget og eliminert.
- Metabolsk aktivitet: Tilstedeværelse av probiotika fører til økt produksjon av vitamin B12, antimikrobielle peptider og kortkjedete fettsyrer (Alakomi et al., 2016).

En påstått helseeffekt er en påstand om et forhold mellom mat/fôr og helse. EU-kommisjonen autoriserer bruk av påståtte helseeffekter basert på vitenskapelig dokumentasjon og som enkelt kan bli forstått av forbrukeren.

Den Europeiske myndighet for mattrygghet (EFSA) er ansvarlig for den faglige vurderingen i søknader om å godkjenne helseeffekter. EU har deklartert omtrent 40 probiotiske bakterier for bruk i dyr, mens det fortsatt ikke er godkjent probiotiske bakterier med helseeffekter for mennesker (Commission Regulation (EU) No 432/2012). Probiotika er i EU regulert som fôrtilsetningsstoffer. FEEDAP (EFSA, 2017) er et ekspertpanel for tilsetningsstoffer og produkter eller stoffer bruk i fôr som gir råd til EU.

Utvikling av fôr som inneholder probiotika for å redusere bruken av antibiotika i husdyrproduksjon er et felt med mye pågående forskning (M'Sadeq et al., 2015), og fermenterte frukt og grønnsaker kan være en kilde til probiotika for mennesker (Swain et al., 2014).

Del 1: Ensileringsforsøk

To ensileringsforsøk med potet eller gulrot i vakuumposer ble gjennomført. Målet med forsøk 1 var å undersøke effekt av ulike blandinger på avrenning, gassproduksjon, vurdere fermenteringen ved hjelp av pH og måle lagringsstabilitet etter åpning av vakuumposene. I forsøk 2 var hovedmålet å undersøke effekten av ulike blandinger på mikrobiologisk kvalitet i form av innhold av ønskede og uønskede bakterier, mugg- og gjærsopp.

Materiale og metoder

Råvarer og bakteriepreparater

Poteter og gulrøtter til ensileringsforsøkene ble levert av Produsentapakkeriet i begynnelsen av september (forsøk 1) og begynnelsen av oktober (forsøk 2) 2016. Råvarene besto av ulike sorter, var vasket, med få synlige skader, fri for råte og ble lagret ved 4°C frem til forsøksstart (bilde 3 og 4). Potet og gulrot som har fått skader under vasking og sortering har kort holdbarhet og kan fort utvikle råte og mugg (bilde 5 og 6).

Ulike ingredienser ble valgt for å øke tørrstoffinnholdet i blandingene.

- Hvetekli (kruskakli) ble kjøpt i dagligvarebutikker.
- Fiskehydrolysat som ble produsert av SINTEF Ocean på torsk og tørket. Hydrolysegraden var 24,9% og hydrolysatet inneholdt 108,3 g frie aminosyrer per kg.
- Hakket høy fra Tingvoll med blant annet timotei som var slått ved skyting.
- Frisk mask og mask konservert med syre (3-5 L/tonn, GrasAAT Plus, ADDCON Nordic AS, Porsgrunn, Norge) ble levert av Austmann bryggeri AS (Trondheim). Frisk mask ble tørket ved 105°C over natt og konservert mask ble lagret ved 4°C frem til forsøksstart i september (forsøk 1) og desember (forsøk 2). GrasAAT inneholder følgende aktive stoffer: ca. 58% maursyre inkludert natriumformiat 0,5-1,5% glyserol, 10,0-14,0% propionsyre, 1,0-2,0% benzosyre.

Blandingene ble ensilert med eller uten inokulering med bakteriepreparater. I forsøk 1 ble det brukt Biomin[®] BioStabil Plus (BIOMIN Holding GmbH, Herzogenburg, Austria) og *Lactobacillus plantarum* VTT E-78076 og i forsøk 2 ble det brukt *Lactobacillus rhamnosus* VTT E-97800, Bactocell (Lallemand SAS, Blagnac Cedex, Frankrike) og Cernivet LBC ME10 (Cerbios-Pharma SA, Barbengo/Lugano, Sveits). Innhold og konsentrasjoner brukt i forsøkene er vist i tabell 1. Bakteriepreparatene fra VTT ble oppformert i en næringsoppløsning av type Man Rogosa Sharp (MRS) og antall kolonidannende celler ble bestemt ved utstrykning på MRS-agarplater. Blandinger på 1 kg (forsøk 1) og 0,5 kg (forsøk 2) ble ensilert i vakuumposer ved hjelp av vakuumpakkere (forsøk 1: Tre Spade, Takaje, Torino, Italia; forsøk 2: SuperMax, Webomatic Maschinenfabrik GmbH, Bochum, Tyskland) (bilde 7).

Blandinger

Forsøk 1 ble gjennomført av NORSØK og NIBIO på Tingvoll og forsøk 2 ble gjennomført av SINTEF Ocean i Trondheim. Potet og gulrot ble kuttet med kjøkkenmaskin (Philips Viva HR7762, Koninklijke Philips N.V., Amsterdam, Nederland) med en knivavstand på 10 mm, tørrstoffingrediensene og bakteriepreparatene tilsatt og blandet (bilde 8-12). Blandingsforholdene ble beregnet utfra tørrstoffinnholdet til råvarene for å oppnå ønsket tørrstoffinnhold i blandingene. Blandingene ble preparert i tre gjentak (tabell 2 og 3). De fleste blandinger inneholdt 30% tørrstoff, men i forsøk 1 ble det også laget en serie med økende tørrstoffinnhold fra 25 til 50%. I tillegg ble potet og gulrot ensilert uten tilsetningsstoffer. Blandingene ble vakuumpakket (forsøk 1: 12.09.2016, forsøk 2: 23.12.2016) og åpnet etter 49-52 dager (forsøk 1) og 28-29 dager (forsøk 2).



Bilde 3 og 4. Vaskede og frasorterte poteter og gulrøtter fra Produsentpakkeriet (Foto: Slizyte, R., SINTEF Ocean).



Bilde 5 og 6. Frasorterte poteter og gulrøtter er verdifulle restråvarer, men har begrenset holdbarhet og blir fort fordervet (foto: Slizyte, R., SINTEF Ocean).



Bilde 7. En vakuumpakker for 33 cm breie poser ble brukt i forsøk 1 (foto: Adler, S., NIBIO).

Tabell 1. Bruk av probiotiske bakteriepreparater og konsentrasjoner i forsøk 1 og 2

Produkt	Innhold	Type fermentering ¹	Probiotisk effekt	Anbefalt konsentrasjon i ferskt materiale	Konsentrasjon i ferskt materiale ²		Produsent
					Forsøk 1	Forsøk 2	
Biomin® BioStabil Plus	<i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>L. brevis</i> , <i>L. kefir</i>	<i>L. plantarum</i> : fakultativt heterofermentativ, <i>L. brevis</i> : heterofermentativ	Menneske, styrker immunfunksjonen	4 mg/kg	>200.000 cfu/g	-	Biomin GmbH, Østerrike
<i>Lactobacillus plantarum</i>	<i>Lactobacillus plantarum</i> VTT E-78076	Fakultativt heterofermentativ	Menneske, reduserer IgE immunreaktivitet	1×10 ⁹ cfu/kg	>800.000 cfu/g	-	VTT, Espoo, Finland
<i>Lactobacillus rhamnosus</i>	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> VTT E-97800	Homofermentativ	Menneske	1×10 ⁹ cfu/kg	-	>800.000 cfu/g	VTT, Espoo, Finland
Bactocell	<i>Pediococcus acidilactici</i> (MA 18/5M)	Homofermentativ	Fjørfe, gris, tarmutvikling, beskytter mot uønskede bakterier	10 mg/kg	-	>600.000 cfu/g	Lallemand SAS, Blagnac Cedex, Frankrike
Cernivet LBC ME10	<i>Enterococcus faecium</i> SF68® (strain deposit NCIMB 10415)	Homofermentativ	Kalver, grisunger, kylling, stabiliserer tarmfloraen	1×10 ⁸ cfu/kg	-	>300.000 cfu/g	Cerbios-Pharma SA, Barbengo/Lugano, Sveits

¹ Homofermentative bakterier produserer kun melkesyre, heterofermentative bakterier produserer melkesyre, CO₂, etanol/eddiksyre og fakultativt heterofermentative bakterier agerer som homofermentative bakterier når karbohydrater er tilgjengelig og ellers som heterofermentative bakterier.

² I følge produsentens opplysninger og for VTTs bakteriekulturer er konsentrasjonen beregnet etter agarutstrykninger.

Tabell 2. Sammensetningen av blandingene i forsøk 1 (n = 3)

Blanding	Potet	Gulrot	Hvetekli	Høy	Mask, konserver	Mask	Inokulant ¹	Tørrstoffinnhold, % ²
Tørrstoff, %	19,8%	10,0%	85,2%	84,3%	26,0%	94,6%	-	-
1	1.000	-	-	-	-	-	-	20%
2	-	1.000	-	-	-	-	-	10%
3	845	-	155	-	-	-	-	30%
4	842	-	-	158	-	-	-	30%
5	750	-	-	-	125	125	-	30%
6	864	-	-	-	-	136	-	30%
7	-	734	266	-	-	-	-	30%
8	-	732	-	270	-	-	-	30%
9	-	605	-	-	196	199	-	30%
10	-	764	-	-	-	236	-	30%
11	846	-	155	-	-	-	Biostabil Plus	30%
12	-	734	266	-	-	-	Biostabil Plus	30%
13	846	-	155	-	-	-	<i>L. plantarum</i>	30%
14	-	734	266	-	-	-	<i>L. plantarum</i>	30%
15	920	-	79	-	-	-	Biostabil Plus	25%
16	794	-	206	-	-	-	Biostabil Plus	33%
17	666	-	333	-	-	-	Biostabil Plus	42%
18	540	-	461	-	-	-	Biostabil Plus	50%
19	-	800	200	-	-	-	Biostabil Plus	25%
20	-	690	310	-	-	-	Biostabil Plus	33%
21	-	580	420	-	-	-	Biostabil Plus	42%
22	-	468	532	-	-	-	Biostabil Plus	50%

¹ Konsentrasjoner og produsentopplysninger i tabell 1.

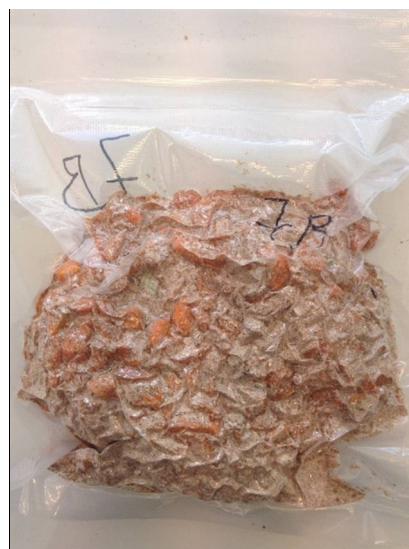
² Beregnet tørrstoffinnhold i blandingen.

Tabell 3. Sammensetningen av blandingene i forsøk 2

Blanding	Potet	Gulrot	Hvetekli	Fiskehydrolysat	Inokulant ¹	Tørrstoffinnhold ²
Tørrstoffinnhold i råvaren	23,5%	11,8%	85,2%	95,0%	-	-
1	500	-	-	-	-	23,5%
2	-	500	-	-	-	11,8%
3	423	-	78	-	-	30%
4	423	-	78	-	<i>L. rhamnosus</i>	30%
5	423	-	78	-	Bactocell	30%
6	423	-	78	-	Cernivet LBC ME10	30%
9	-	367	133	-	-	30%
10	-	367	133	-	<i>L. rhamnosus</i>	30%
11	-	367	133	-	Bactocell	30%
12	-	367	133	-	Cernivet LBC ME10	30%
14	430	-	20	50	-	30%
15	430	-	20	50	<i>L. rhamnosus</i>	30%
16	430	-	20	50	Bactocell	30%
17	430	-	20	50	Cernivet LBC ME10	30%

¹ Konsentrasjoner og produsentopplysninger i tabell 1.

² Beregnet tørrstoffinnhold i blandingen.



Bilde 8-10. Vaskede gulrøtter hakkes i en kjøkkenmaskin, blandes med kli før vakuumpakking, blanding 7 i forsøk 1 (foto: Adler, S., NIBIO).



Bilde 11 og 12. 10 mL av en preparert stamløsning med bakterier blandes med de andre ingrediensene. Antall kolonidannende *L. plantarum* ble målt på agarplater (MRS, Man Rogosa Sharp) for å beregne preparering av stamløsningene (foto: Adler, S., NIBIO).

Registreringer, analyser og lagringsstabilitet

Gassutviklingen i posene ble observert ukentlig etter vakuumpakking. Før posene ble åpnet ble gassammensetningen målt gjennom et hull i plasten (GA5000, Geotech, Geotechnical Instruments, Warwickshire, Storbritannia) (forsøk 1, bilde 13). Deretter ble sensorisk kvalitet vurdert (forsøk 1). I forsøk 1 ble avrenningen målt ved å plassere posens innhold i en kjøkkensil og samle opp væsken (bilde 14). Væske og restfraksjon ble veid og pH målt (pH10, VWR International, Radnor, Pennsylvania, USA) i væsken eller i et uttrekk med demineralisert vann (bilde 15). Prøver av væsken og restfraksjonen ble tørket i ovn ved 105°C til konstant vekt og tørrstoffinnholdet beregnet (bilde 16).



Bilde 13-14. Måling av gassammensetning og pH i ensilasjene (foto: Adler, S., NIBIO).



Bilde 15 og 16. Etter separasjon av væske og restfraksjon ved hjelp av kjøkkensil ble prøver av begge fraksjonene tørket for å bestemme tørrstofftapet ved avrenning (foto: Adler, S., NIBIO).



Bilde 17. Etter at posene ble åpnet og eventuell væske fjernet, ble gjentakene blandet og lagret ved romtemperatur. Temperaturen ble loggført to ganger om dagen over tre uker for å dokumentere aerob stabilitet, forsøk 1 (foto: Adler, S., NIBIO).

I forsøk 2 var avrenningen var ubetydelig, men ble ikke veid. pH ble målt som i forsøk 1. Etter åpning av vakuumposene ble prøver av ensilasje testet for innhold av bakterier og sopp ved ulike fortyninger (tabell 4).

Lagringsstabilitet ble målt i begge forsøkene ved å la de åpne posene stå i romtemperatur og måle temperaturen i posene over flere dager (bilde 17). I forsøk 1 ble restene fra gjentakene slått sammen (væsken ble ikke inkludert) og temperaturen målt to ganger om dagen med et elektronisk termometer. I forsøk 2 ble prøvene utstyrt med temperaturloggere med en nøyaktighet på $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (Ibutton SL52T, Maxim Integrated, San Jose, CA, USA). Høyeste temperatur, tiden til høyeste temperatur var oppnådd og tiden til prøvene hadde 2°C høyere temperatur enn lufttemperaturen ble notert.

Tabell 4. Mikrobiologisk test av bakterier og sopp i forsøk 2

Mikrobiologisk test	Temperatur, inkuberingstid	Prøvemengde, fortyning	Metode
<i>Escherichia coli</i> and coliforms	37°C, 24 t	10 g, 1:10, 1:100	Compact Dry EC ¹
Gjær og muggsopper	30°C, 3 d	10 g, 1:100	Compact Dry YM ¹
<i>Enterobacteriaceae</i>	37°C, 24 t	10 g, 1:1, 1:10, 1:100	Compact Dry ETB ¹
Lactic acid bacteria	37°C, 72 t	10 g, 1:100; 1:2.000	MRS agar with Tween [®] 80 ²

¹ R-Biopharm AG, Darmstadt, Tyskland.

² Biolife Italiana S.r.l., Milan, Italia.

Statistisk analyse

Effekter av blandinger, tørrstoffinnhold og inokulanter på avrenning og pH ble analysert med GLIMMIX-proseduren i SAS (SAS, 2017).

Resultater og diskusjon

Avrenning

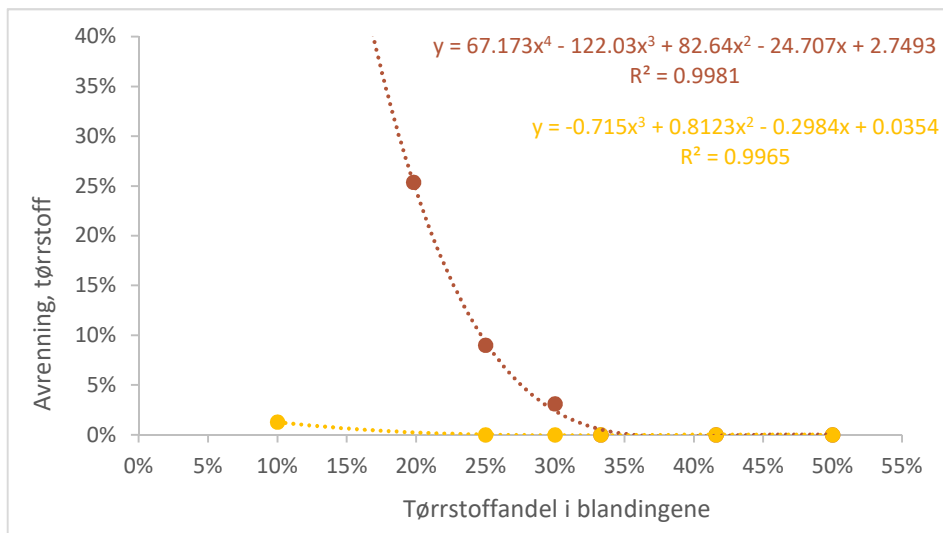
Lavt tørrstoffinnhold ved ensilering kan føre til høyt innhold av pressaft og tap av næringsstoffer på grunn av avrenning. Forsøk 1 viste at blandinger med potet og tørrstoffingredienser hadde ubetydelig avrenning, målt i tørrstoff, ved et tørrstoffinnhold på 33% eller høyere, men avrenningen økte betydelig ved lavere tørrstoffinnhold og en fjerdedel av tørrstoffet var i væskefasen når potetene ble ensilert alene (figur 1).

Gulrot gå minimalt med avrenning selv uten tilsetning av andre ingredienser. Tørrstoffinnholdet i avrenningsvæsken fra potet var i gjennomsnitt 9,8% i forsøk 1. Et tørrstoffinnhold på 33% i potetensilasje stemmer godt overens med de generelle anbefalingene for fermentering av grovfôr (McDonald et al., 2002). Den lave avrenningen fra blandinger med gulrot tyder på at gulrot kan ensileres med mindre tilsetning av tørrstoffingredienser enn potet. Ved ensilering i rundballer oppstår det et høyere trykk i ensilasjen som kan føre til mer avrenning enn i vakuumposer på 1 kg. Det antas derfor at tørrstoffinnholdet må være noe høyere i rundballer enn i vakuumposer for å unngå avrenning.

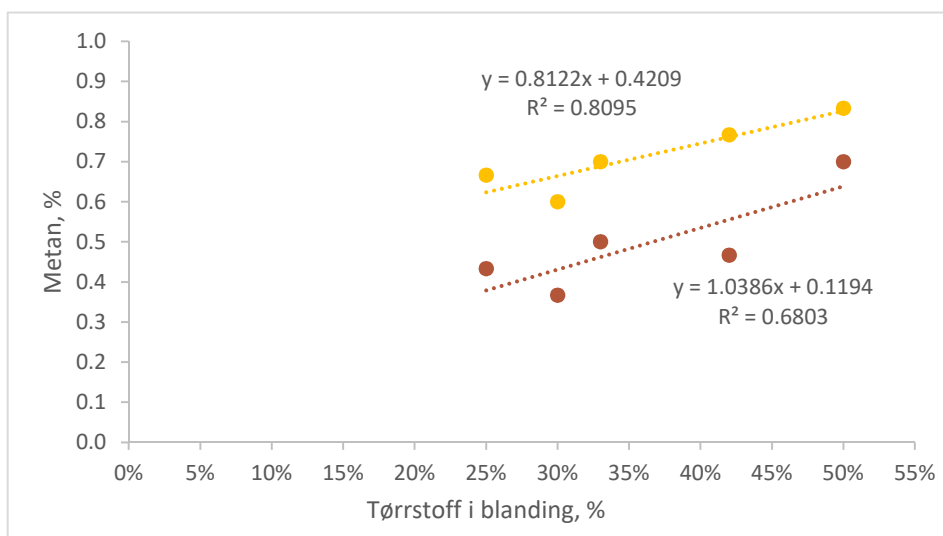
Gassproduksjon

Gassproduksjon ved ensilering tyder på at heterofermentative melkesyrebakterier er aktive og produserer CO₂. Dannelse av metan er en kompleks prosess der flere bakterietyper er involvert og prosessen er ønsket i en biogassreaktor, men dette er ikke ønsket ved konservering av fôr. Kraftig gassutvikling ble observert etter 2-3 dager i alle poser med unntak av blandingene som ble tilsatt mask som var konservert med GrasAAT Plus (blanding 5 og 9, forsøk 1). Disse blandingene inneholdt henholdsvis ca. 0,4 og 0,5% syre (maursyre, propionsyre og benzosyre) og viste ingen gassproduksjon på dag 22 (bilde 18). Når en sammenligner poser med potet og gulrot tilsatt ingen bakterier, BioStabil Plus eller *L. plantarum* ga en visuell bedømmelse av gassmengden ingen forskjeller mellom potet og gulrot, men gassmengden var høyere når det ble tilsatt bakteriepreparater enn når det ikke ble tilsatt bakterier. Tilsynelatende størst gassproduksjon var det i blanding 12 (forsøk 1).

Hovedbestanddelen i gassen i forsøk 1 var karbondioksid (i gjennomsnitt 70,1%) og oksygen (9,0%). Det ble bare funnet små andeler metan (0,4%) (tabell 5). Hydrogensulfid ble funnet i blanding 1 (18 ppm SD 18,4) og i en av gjentakene i blanding 7. Innholdet av uidentifiserte gasser (balanse) utgjorde i gjennomsnitt 20,5%. Valg av tørrstoffingrediens påvirket gass-sammensetningen når det ikke var tilsatt bakteriepreparat, men det var små forskjeller mellom potet og gulrot. Høy reduserte andelen CO₂ og CH₄ sammenlignet med kli og tørket mask. I serien der potet eller gulrot ble blandet med ulike mengder kli og inokulert med BioStabil Plus økte metanandelen med tørrstoffinnholdet i blandingen, og gulrot produserte relativt mer metan enn potet ved samme tørrstoffinnhold (figur 2). Når potet eller gulrot ble ensilert uten tilsetningsstoffer var metaninnholdet lavt, 0,3% for begge. Forskjeller i mengde gass produsert tyder på at forholdet mellom homo- og heterofermentative bakterier ble påvirket av substratet i de ulike blandingene. Høyt sukkerinnhold i gulrot kan være årsaken for høyere andel metan i gassen sammenlignet med potet. I forhold til metanproduksjon vil det være en fordel å holde tørrstoffinnholdet så lavt som mulig. Den giftige gassen H₂S ble bare målt i blandingen med gulrot og kli, men årsaken for dette er ukjent. Ved sammenligning av inokulanter var det brukt kli i alle blandinger og tørrstoffinnholdet var på 30%. *L. plantarum* ga lavere andel CO₂, O₂ og CH₄ i gassfraksjonen enn uten preparat eller med BioStabil (tabell 6).



Figur 1. Avrenning målt som andel av tørrstoff 50 dager etter ensileringsstart for blandinger som inneholdt potet (rød) eller gulrot (gul) ved ulike tørrstoffinnhold (forsøk 1, n = 3).



Figur 2. Andel metan i gass 50 dager etter ensileringsstart for blandinger som inneholdt potet, kli og BioStabil Plus (rød) eller gulrot, kli og BioStabil Plus (gul) ved forskjellig tørrstoffinnhold (forsøk 1, n = 3).

Tabell 5. Sammensetning i gassfraksjonen dannet under ensilering av potet og gulrot med ulike ingredienser og 30% tørrstoff i blandinger (n = 3)

Råvare	Potet			Gulrot			SEM ¹	P-verdi		
	Kli	Høy	Mask ²	Kli	Høy	Mask ²		Råvare (R)	Ingrediens (I)	Samspill R×I
CO ₂ , %	73,6	33,3	72,7	80,6	52,0	63,6	7,07	0,36	0,002	0,19
O ₂ , %	7,6	18,4	12,0	9,7	6,7	8,9	2,41	0,046	0,28	0,04
CH ₄ , %	0,4	0,2	0,4	0,3	0,2	0,3	0,03	0,02	0,007	0,53
H ₂ S, ppm	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	0,95	0,34	0,40	0,40
Balanse, %	18,5	48,1	15,0	9,4	41,2	27,1	7,10	0,83	0,004	0,30

¹ Standardfeil til middeltall.

² Tørket mask.

Tabell 6. Sammensetning i gassfraksjonen dannet under ensilering av potet og gulrot med kli og ulike bakteriepreparater og 30% tørrstoff i blandinger (n = 3)

Råvare	Potet			Gulrot			SEM	P-verdi		
	Ingen	BioStabil Plus	<i>L. plantarum</i>	Ingen	BioStabil Plus	<i>L. plantarum</i>		Råvare (R)	Preparat (P)	R×P
CO ₂ , %	73,6	65,0	43,2	80,6	94,7	35,9	13,57	0,39	0,02	0,41
O ₂ , %	7,6	8,0	14,5	9,7	1,1	14,9	2,43	0,41	0,002	0,12
CH ₄ , %	0,4	0,4	0,2	0,3	0,6	0,2	0,03	0,10	<0,001	<0,001
H ₂ S, ppm	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	0,95	0,34	0,40	0,40
Balanse, %	18,5	26,6	42,0	9,4	3,6	49,0	12,04	0,41	0,04	0,48



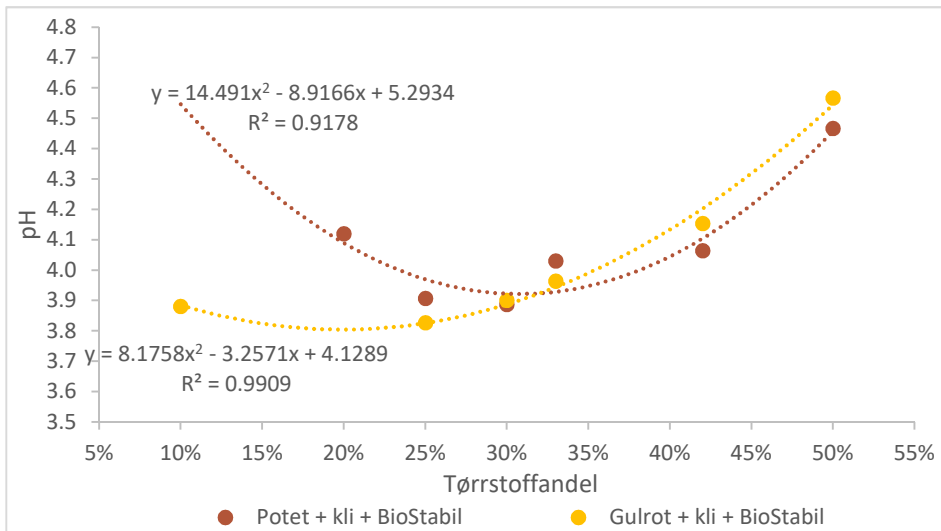
Bilde 18. Den observerte gassutviklingen på dag 22 varierte mye mellom blandingene (foto: Adler, S., NIBIO).

Surhetsgrad

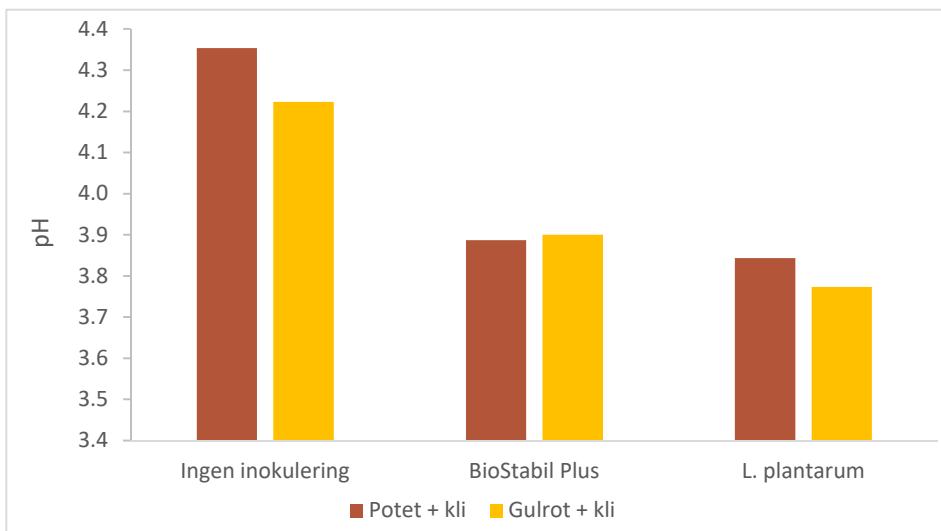
Ved ensilering er det ønskelig at pH-verdien senkes raskt til under 4,1. Gjennomsnittlig pH etter ensilering og lagring i 50 dager var 4,1 (SD 0,24), men i 17 prøver var pH-verdien over 4,2 (forsøk 1). Det kan indikere at noen blandinger ikke hadde en optimal ensileringsprosess, noe som kan føre til redusert fôrverdi. Uten tilsetningsstoffer hadde ensilerte poteter (blanding 1) en høyere pH enn gulrot (blanding 2) (4,1 vs. 3,9, SEM = 0,03, $P = 0,03$). I blandingene med kli og BioStabil Plus hadde potet den laveste pH-verdien ved omtrent 30% tørrstoff, men gulrot hadde den laveste pH-verdien ved omtrent 20% tørrstoff (figur 3). Opp til et tørrstoffinnhold på ca. 30% hadde gulrot lavere pH enn potet. I blandinger med kli og 30% tørrstoff senket bruk av bakteriepreparat pH-verdiene sammenlignet med ensilering uten inokulering (figur 4). *L. plantarum* ga lavere pH i gulrot enn BioStabil Plus, men i potet var det ingen forskjell.

Ved bruk av ulike tørrstoffkilder men uten bakteriepreparat og 30% tørrstoff i blandingen hadde potet også noe høyere pH enn gulrot (4,3 vs. 4,0, $P < 0,001$, figur 5). Kli og høy resulterte i høyere pH enn ved ensilering uten tilsetning. Blandinger som inneholdt tørket pluss syrekonservert mask ga lavere pH enn ved bruk av kli eller høy.

I forsøk 2 ga gulrot i blanding med kli lavere pH enn potet med kli mens det var likt i forsøk 1 (tabell 7). Tilsetning av fiskehydrolysat økte pH-verdien til over 4,2, uavhengig av inokulant. Dette kan forklares med høy pH i fiskehydrolysat. Bactocell førte til lavere pH i blandinger med potet og kli enn uten inokulering. I blandinger med gulrot og kli ga alle tre preparater (*L. rhamnosus*, Bactocell, Cernivet) lavere pH, mens det ikke ble funnet forskjeller i blandinger med potet, kli og fiskehydrolysat. En mulig forklaring for større effekt av bakteriepreparater kan være høyere sukkerinnhold i blandinger med gulrot. Bactocell er tilsatt et enzym som kan omdanne stivelse til sukker og kan derfor være bedre egnet ved ensilering av potet.



Figur 3. Effekten av tørrstoffinnhold ved ensilering av potet eller gulrot med hvetekli og BioStabil (Blandingen med lavest tørrstoffinnhold i hver serie inneholdt ingen kli) (n = 3, SEM = 0,065, P < 0,001).

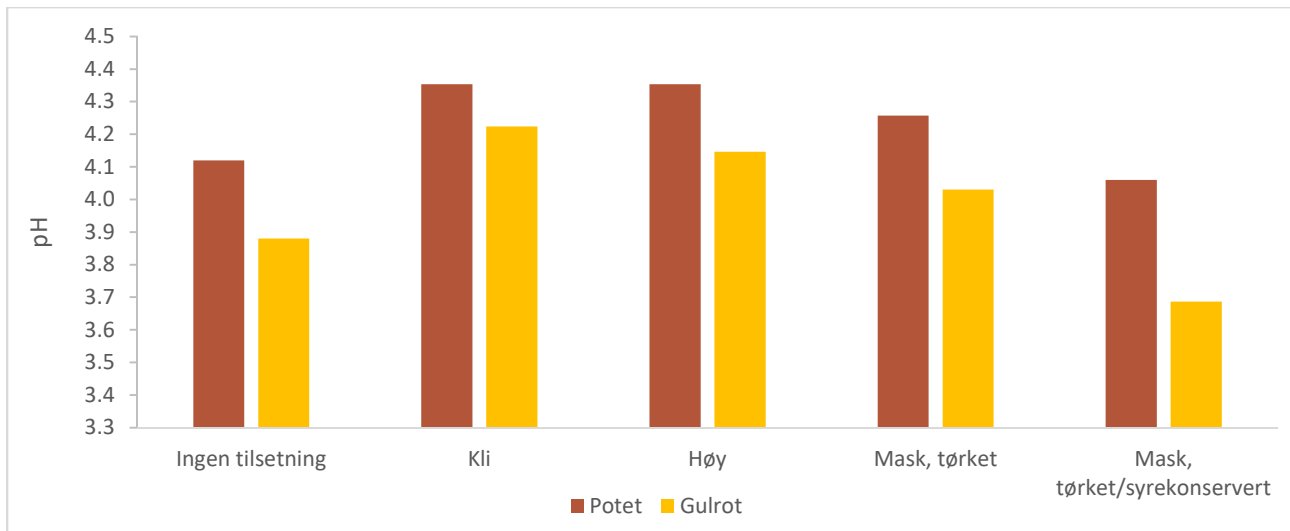


Figur 4. pH-verdier i ensilasje av potet og kli eller gulrot og kli uten inokulering, med BioStabil Plus eller *L. plantarum* (forsøk 1, n = 3).

Tabell 7. pH i ulike ensilasjeblandinger (30% tørrstoff) med eller uten inokulanter og aerob stabilitet (forsøk 2; n = 3)

Blanding	Potet-kli			Gulrot-kli			Potet-kli-fiskehydrolysat			SEM	P-verdi					
	Ingen	<i>L. rhamnosus</i>	<i>Bactocell</i> Cernivet	Ingen	<i>L. rhamnosus</i>	<i>Bactocell</i> Cernivet	Ingen	<i>L. rhamnosus</i>	<i>Bactocell</i> Cernivet		B	I	BxI			
pH	4,06 ^b	4,04 ^b	3,91 ^c	4,10 ^b	3,89 ^c	3,71 ^d	3,67 ^d	3,75 ^d	4,38 ^a	4,34 ^a	4,30 ^a	4,33 ^a	0,02	<0,001	<0,001	0,001
Maksimums-temperatur, °C ¹	-0,27	-0,02	0,01	-0,71	2,93	-0,21	2,80	-0,39	-0,05	-0,03	-0,26	-0,86	1,06	0,08	0,25	0,54

¹ Romtemperatur er trukket fra.



Figur 5. pH-verdier i ensilasje av potet eller gulrot med eller uten tilsetning av tørrstoffrikt materiale, 30% tørrstoff i blandinger med tilsetning (forsøk 1, n = 3).

Sensorisk vurdering

Ved bedømmelse av lukt var det for enkelte behandlinger tydelige forskjeller mellom gjentakene og der ble det også observert fargeforskjeller (blanding 11, forsøk 2). Generelt var lukten syrlig og delvis preget av ingrediensene (tabell 8). Lukten varierte fra «godt surfôr» til «besk» og «stikkende». Høy ga en behagelig surfôrlukt, men for de andre ingrediensene ble det ikke observert en sammenheng mellom ingrediens og lukt av ensilasje.

Mikrobiell karakterisering

Bildeseriene 19 og 20 viser utviklingen av utvalgte blandinger ved fermentering fra pakking til dag 28 etter ensilering i forsøk 2. Antall kolonidannende *Lactobacillus* var høyt i alle prøver og kunne ikke telles basert på utstrykningsprøvene. *E. coli* og coliforms og *Enterobacteriaceae* ble ikke påvist i noen av prøvene. Gjær- og muggsopp ble funnet i prøve 2, 9 og 11. Gjennom ensileringsprosessen regner en med at antall kolonidannende melkesyrebakterier øker med faktor 100 og at det finnes levende bakterier i ensilasjen. I dette prosjektet var det ikke mulig å bestemme antall kolonidannende bakterier nøyaktig, men pH-verdiene tyder på tilstrekkelig formering av bakteriene i de fleste prøvene. Det var heller ikke mulig å analysere innholdet av organiske syrer. Forholdet mellom syrene vill ha gitt et bedre bilde av ensileringsprosessen. Analysene som ble gjennomført i CYCLE-prosjektet (Adler & Løes, 2015) viste en rask økning av melkesyre og en svak økning av eddiksyre og propionsyre fra uke 6 og 12. Smørsyre ble bare funnet i små mengder. Vasking av potetene, god pakking og lufttette rundballer forklarer det gode resultatet.

Lagringsstabilitet

Så lenge ensilasjene befant seg i lukkede vakuumposer virket innholdet godt konserverv og stabilt. En kan anta at ensilasje kan lagres lufttett i flere måneder. Etter åpning av posene ble den aerobe lagringsstabiliteten målt. Aerob lagringsstabilitet er et mål på hvor raskt en må føre en rundball med ensilasje når den først er åpnet. I løpet av lagringstiden på tre uker ved 18,9°C nådde 12 av 22 åpnete prøver en temperatur som var minst 2°C høyere enn lufttemperaturen (forsøk 1). Seks av blandingsene hadde en rask temperaturstigning og nådde 2°C over lufttemperatur før det hadde gått fire dager etter åpning, og fem blandinger brukte nærmere to uker før temperaturen hadde økt like mye. Ti av blandingsene hadde stabile temperaturer. Lagringstesten ble ikke gjennomført med gjentak og det kan derfor ikke fastslås om behandlingen påvirket lagringsstabiliteten.

Tabell 8. Vurdering av lukt ved åpning og aerob lagringsstabilitet for 22 ensilasjer over 21 dager (romtemperatur 18,9°C) i forsøk 1

Blanding	Lukt	Temperatur			Muggdannelse
		Tid til temperaturen var 2°C over romtemperatur, dager	Maksimumstemperatur minus romtemperatur, °C	Tid til maksimal temperatur ble registrert, dager	
1	Sur	-	0.4	7	Mugg
2	Sur, gulrot	-	1.1	7	Mugg
3	Sur, korn, øl	-	1.8	21	Mugg
4	Godt surfôr	14	4.4	20	-
5	Mask, svidd	14	3.7	17	-
6	Mask, besk	-	1.7	20	Lite mugg
7	Sur, kli	19	3.2	22	-
8	Surfôr, høy	15	4.7	22	-
9	Sur, kli	3	4.7	17	-
10	Sur, korn, besk	2	10.4	16	Mugg
11	Sur, eddik, kvalm	3	6.8	17	Mugg
12	Sur, stram	4	5.7	19	-
13	Sur, korn, god lukt	-	2.5	6	Mugg
14	Sur, kvalm	3	14.3	19	Mugg
15	Sur, frisk	7	4.7	22	Mugg
16	Sur, kvalm, dårlig surfôr, gjæret	18	3.1	21	-
17	Sur, kli, god lukt	-	0.5	21	-
18	Sur, kli, god lukt	-	-0.4	21	-
19	Sur, god lukt	-	0.8	21	-
20	Sur, god lukt	-	0.5	21	-
21	Sur, korn, stikkende	-	-0.6	2	-
22	Sur, sterk, korn	-	-0.6	0	-

Resultatene viste ingen tydelig tendenser på at blandingsforhold, tilsetningsmiddel eller tørrstoffinnhold var avgjørende. Blanding 14 med gulrot, kli og *L. plantarum* nådde den høyeste temperaturen målt i lagringstesten, 32,7°C.

I forsøk 2 hadde 17 av 42 prøver en maksimumstemperatur som var høyere enn lufttemperaturen og i 6 prøver økte temperaturen til mer enn 2°C over lufttemperaturen. Dette gjaldt alle gjentak for gulrot ensilert uten tilsetninger og to av gjentakene for gulrot-kli som ble inokulert med Bactocell. Alle 7 blandinger som ble lagret uten ensilering nådde høyere temperatur enn lufttemperatur i lagringsforsøket (1,8 til 8,0°C).

Under lagringstesten ble de fleste prøver mørkere (bildeserie 21), men det ble observert bare litt muggdannelse. Til sammenligning ble det observert store mengder mugg i ulike farger på prøver som ikke var ensilert før lagringsforsøket (bildeserie 22).

Bruk av vaskede råvarer, rask pH-senkning, riktig tørrstoffinnhold og tette rundballer gir god lagringsstabilitet så lenge ensilasjen er forseglet. Når posene åpnes starter aerobe prosesser som kan føre til varmgang og muggdannelse. Tilstedeværelse av heterofermentative bakterier har vist seg å forbedre den aerobe lagringsstabiliteten (Ranjit & Kung, 2000), men i ensileringsforsøkene ble det ikke observert en sammenheng mellom inokulering og lagringsstabilitet. Melkesyrebakterier kan ikke fermentere stivelse og det er derfor en fordel å tilsette noen sukkerholdige ingredienser som for eksempel melasse enzymer som kan bryte ned noe av stivelsen for å gjøre karbohydratene tilgjengelig for mikrobene.



Bildeserie 19. Ensilering av potet (rad 1), potet-kli (rad 2) og potet-kli-fiskehydrolysat (rad 3) dag 0, 7, 14 og 28 etter vakuumpakking (fra venstre til høyre) (foto: Slizyte, R., SINTEF Ocean).



Bildeserie 20. Ensilering av gulrot (rad 1) og gulrot-kli (rad 2) dag 0, 7, 14 og 28 etter vakuumpakking (fra venstre til høyre) (foto: Slizyte, R., SINTEF Ocean).

Oppsummering ensileringsforsøk

Ensileringforsøkene viste at potet og gulrot lar seg fermentere når det brukes egnede tørrstoffredienser. Begge tørrstoffrediensene gav gode resultater. Poteter ensileres best når tørrstoffinnholdet i blandingen er 33-35%. Blandinger med gulrot ensileres godt når tørrstoffinnholdet er 15-40%. Det er viktig med hurtig senkning av pH for å få en god konservering. Bakterierpreparater kan hjelpe å senke pH. I blandinger med potet og kli hadde Bactocell best effekt på pH og i blandinger med gulrot og kli hadde *L. rhamnosus*,



Bildeserie 21. Ensilasjer (nr. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16) etter 0 (rad 1-2) og 14 dager (rad 2-3) eksponering for luft, forsøk 2 (foto: Slizyte, R., SINTEF Ocean).



Bildeserie 22. Ikke ensilerte prøver (3, 9, 14, 1, 2) etter 14 dager eksponering for luft, forsøk 2 (foto: Slizyte, R., SINTEF Ocean).

Bactocell og Cernivet like god effekt. Inokulering med BioStabil Plus eller *L. plantarum* hadde like god effekt på pH. Ved tilsetning av proteinrike og basiske ingredienser som fiskehydrolysat kan det være nødvendig å tilsette syre for å senke pH til under 4,1.

Lagringsstabiliteten av forseglet ensilasje var tilsynelatende god. Den anaerobe lagringsstabiliteten var generelt god, men mer forskning er nødvendig for å finne årsaken til mindre lagringsstabilitet som ble observert i noen tilfeller spesielt for gulrot-mask og gulrot-kli i forsøk 1.

Bakteriepreparater kan hjelpe å senke pH. Ved tilsetning av proteinrike og basiske ingredienser som fiskehydrolysat kan det være nødvendig å tilsette syre for å senke pH til under 4,1. Lagringsstabiliteten av forseglet ensilasje var tilsynelatende god. Den anaerobe lagringsstabiliteten var generelt god, men mer forskning er nødvendig for å finne årsaken til mindre lagringsstabilitet som ble observert i noen tilfeller.

Del 2: Casestudie: Scenarier for kommersiell ensilering av frasortert potet og gulrot

Materiale og metoder

Produsentpakkeriet på Frosta

Produsentpakkeriet Trøndelag AS mottar årlig ca. 10.000 tonn potet og 1.500 tonn gulrot (Thor-Eirik Albrektsen, daglig leder Produsentpakkeriet Trøndelag AS, personlig kommunikasjon, 2016) (tabell 9). 5.400 tonn potet og 950 tonn gulrot pakkes og selges til dagligvarekjeder og 4.000 tonn poteter (40%) og 350 tonn gulrot (23%) selges til matindustrien og som fôr til lokale storfeprodusenter. Sammen med potetene og gulrøttene kommer det også inn mye jord til pakkeriet. Sekshundre tonn jord som inneholder potetrester (opp til 10% organisk materiale) og 200 tonn jord med gulrotrester sendes til deponering i henhold til forskriftene for å unngå smitte av brysomme plantesykdommer og skadegjørere (Lovdata, 2000).

Daglig leder Thor-Eirik Albrektsen påpeker at inntekten fra poteter og gulrøtter som går til industri eller fôr er små og at det er et ønske å oppgradere verdien på denne fraksjonen (bilde 23). Dette er økonomisk interessant for pakkeriet og potet- og grønnsaksprodusentene og i tillegg kan det gi grunnlag for bedre utnyttelse av råvarene. Mengden frasorterte varer som ønskes foredlet til et fôrprodukt med økt verdi blir ca. 4.000 tonn potet og 350 tonn gulrot i året.

I Midt-Norge (Nord-Trøndelag, Sør-Trøndelag, og Møre og Romsdal) produseres 13,7% av landets poteter. Innherred og Smøla produserer ca. 14% av landets gulrøtter (SSB, 2017). Produsentpakkeriet som mottar over 20% av potet- og gulrotavlingene i Midt-Norge er en viktig aktør i regionen.

Frasorterte poteter og gulrøtter

Hos Produsentpakkeriet blir 50-60% av potetene og gulrøttene som mottas pakket og levert som fersk vare (Adler et al., 2014). Når en tar med leveranser til matindustri og fôr er utnyttelsesgraden ca. 90%, men den økonomiske verdien av varene som ikke kan selges som fersk mat er lav. Vaskede råvarer som ikke oppfyller kravene til form, størrelse og utseende, men som er fri for råte blir sortert ut og har like høy ernæringsverdi som grønnsaker av salgskvalitet. Mekaniske skader gjør at restråvarene har en kort holdbarhetstid og må konserveres om de må lagres før de brukes til fôr.

Råvarene som ble brukt i dette prosjektet ble ikke analysert for kjemisk sammensetning, men tabellverdier er gjengitt i tabell 10. En grunnleggende forskjell mellom potet og gulrot er at karbohydratfraksjonen består i hovedsak av stivelse hos potet og sukker hos gulrot (glukose, fruktose og sukrose). I tillegg har gulrot et høyere fettinnhold enn potet. Konsentrasjonen av omsettelig energi for drøvtyggere er likt. Kornproduktene som ble brukt i prosjektet har et tørrstoffinnhold på nærmere 90% og har et høyere proteininnhold enn potet og gulrot. Karbohydratfraksjonen består i hovedsak av stivelse og NDF og noe sukker. Høy har også et høyt tørrstoffinnhold samt en stor andel NDF. Fiskehydrolysat utmerker seg med høyt proteininnhold.

Verdikjedeanalysen for frasortert potet og gulrot i case Produsentpakkeriet er todelt. I første del gis en beskrivelse av dagens verdikjede og økonomisk effektivitet av biproduktet beregnes. I andre del analyseres gjennomførbarhet av ulike scenarier for utnyttelse av frasortert potet.



Bilde 23. Daglig leder Thor-Eirik Albrektsen presenterer Produsentpakkeriet Trøndelag AS for forskerne i CYCLE-prosjektet, 2013 (foto: Adler, S., NIBIO).

Tabell 9. Totalavlinger (gjennomsnitt for 2011-2015) av potet og gulrot i Norge og Midt-Norge og estimert volum av frasorterte poteter (40%)¹ og gulrøtter (23%)¹ samt mottatt volum på Produsentpakkeriet Trøndelag AS

Region	Potet, 1.000 tonn		Gulrot, 1.000 tonn	
	Totalavling	Frasortert ²	Totalavling	Frasortert ⁵
Norge ^{3,4}	329,8	131,9	47,5	10,9
Midt-Norge ^{2,3,4}	45,0	18,0	7,1	1,6
Produsentpakkeriet	10,0	4,0	1,5	0,4

¹ Denne rapporten.

² Estimert basert på tall fra Produsentpakkeriet.

³ SSB (2017).

⁴ Nord-Trøndelag, Sør-Trøndelag, og Møre og Romsdal.

Tabell 10. Kjemisk sammensetning og omsettelig energi (OE) for drøvtyggere, svin og fjørfe i ulike råvarer (Fôrtabell, 2008, SINTEF Ocean)

Råvare	Tørrstoff, g/kg	Kjemisk sammensetning, g/kg tørrstoff										OE, MJ/kg tørrstoff		
		Råprotein	Aske	NDF	Stivelse	Totalsukker	Råfett	Ca	P	Mg	K	Drøvtyggere	Svin	Fjørfe
Potet	196	91	63	73	761	0	3.5	0.5	2.8	1.2	23.8	12.5	13.9	-
Potet, kokt	- ¹	95	56	-	-	-	4.5	-	-	-	-	-	15.6	-
Gulrot	130	101	73	-	-	600	11.5	3.8	3.1	1.9	28	12.6	-	-
Bygg	883	113	23	198	615	15	31.7	0.5	4	1.2	5.5	13	15	13.2
Hvetekli	885	175	60	426	207	27	57.2	1.4	11.6	4.7	14.7	10.8	10.9	8.5
Mask, tørket	910	287	34	-	100	20	94	3.5	5.4	2	1	11	11.3	9.4
Høy, første slått, middels høstetid	877	129	70	660	-	-	31	4.8	2.9	1.2	25.6	10.1	-	-
Fiskehydrolysat	950	721	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-

¹ Ingen data tilgjengelig.

Scenariene tar utgangspunkt i ensilering av alle frasorterte poteter og gulrøtter på Produsentpakkeriet. Investeringer i utstyr for hakking, blanding og pakking i rundballer for en effektiv produksjon og enkel distribusjon av produktene er inkludert. To alternative tørrstoffråvarer inkluderes i scenariene, valset bygg og høy. Koking av poteter før ensilering er tatt med som et alternativ til ensilering av rå poteter.

Beregningene for Produsentpakkeriet sammenholdes med produksjonsvolumet i hele regionen og strukturene i potet- og gulrotpakkeriene i Midt-Norge.

Resultater og diskusjon

Dagens logistikk og økonomi

Produsentene leverer ca. 10.000 tonn potet og 1.500 tonn gulrot til Produsentpakkeriet i løpet av et år (figur 6). Prosesskjemaet for potet hos Produsentpakkeriet viser prosessering til dagens sluttprodukter, industripotet og fôrpotet og i tillegg alternative sluttprodukter ensilert i rundballer på 550 kg: ensilasje av rå potet, kokt potet eller rå gulrot i ulike blandinger med bygg, høy og fiskehydrolysat, tilsatt probiotiske bakterier (figur 7).

Prosesseringen på Produsentpakkeriet starter med vasking og sortering. Varestrømmen blir fordelt på delstrømmene matpotet for innpakning, frasortert potet, grønn og råttent potet, stein og jord. I dag lagrer Produsentpakkeriet de frasorterte potetene og selger de til matindustri og som fôr til husdyrprodusenter. Bøndene henter potet selv, mens potet til matindustri blir levert av Produsentpakkeriet. I dagens verdikjede er salgspriisen for frasorterte poteter 250 kr/tonn til matindustri og 350 kr/tonn til storfeprodusenter. Kostnader for lagring og lasting av industri- og fôrpoteter utgjør 36 kr/tonn (Albrektsen, personlig meddelelse, 2016) (figur 7). For poteter som sendes til industri kommer ekstra transportkostnader på 140 kr/tonn. I de økonomiske kalkylene forutsetter vi at matpotetfraksjonen blir belastet for sorterings- og vaskekostnader. I 2015 det ble solgt 3.411 tonn frasorterte poteter til industri og 589 tonn som fôr til husdyrprodusenter.

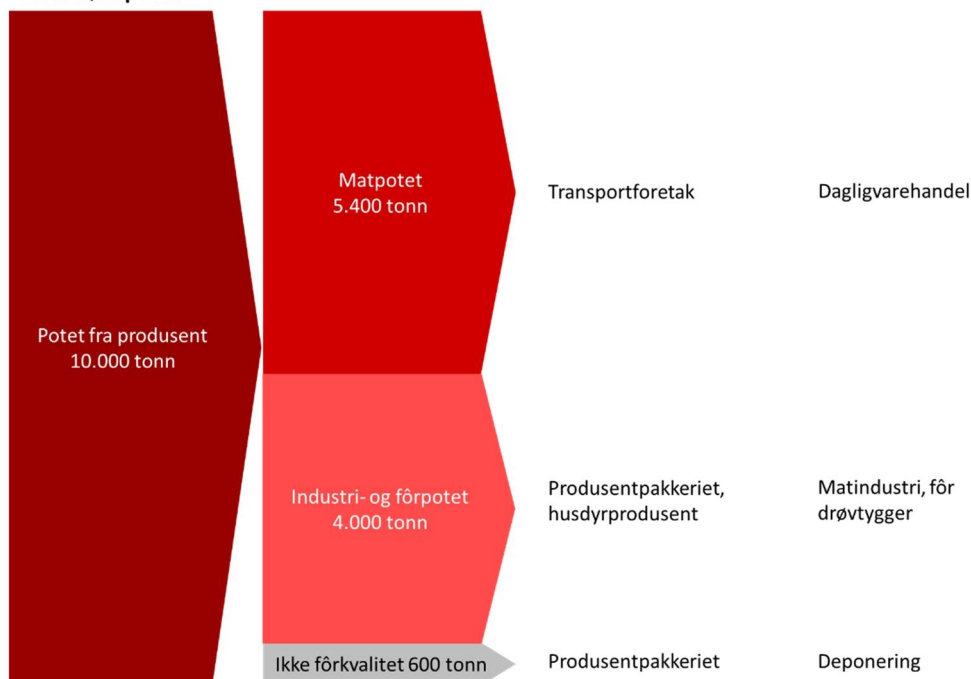
Ensilering av frasorterte råvarer

Utgangspunktet for scenariene for bedre utnyttelse av frasorterte råvarer hos Produsentpakkeriet er at 4.000 tonn frasorterte poteter og 350 tonn frasorterte gulrøtter hakkes og blandes med en tørrstoffingrediens og inokuleres med probiotiske bakterier og ensileres i rundballer på 550 kg. Tørrstoffingrediensene som brukes i beregningene er byggmel eller høy. Det er begrenset tilgang til hvetekli i markedet (Hallgeir Sterten, Felleskjøpet Fôrutvikling, personlig kommunikasjon, 2016). Byggmel ble ikke testet i ensileringsforsøkene, men en kan forvente lignende egenskaper som ved bruk av hvetekli. Ensileringsforsøkene i dette prosjektet indikerer at tørrstoffinnholdet i blandinger med potet bør være 33-45% for å sikre god gjæringskvalitet og lavt tørrstofftap pga. avrenning. Vi valgte å bruke 33% i våre beregninger. 33% tørrstoff oppnår man ved å blande 4.000 tonn potet (19,8% tørrstoff) med 1.009 tonn byggmel (85,2% tørrstoff) eller med 1.027 tonn høy (84,3% tørrstoff). I tillegg til ensilering av råpotet er koking av potetene inkludert som faktor dersom ensilasjen skal brukes til gris. Bygg kan kjøpes hos Felleskjøpet for 2.700 kr/tonn og høy kan kjøpes for 3.500 kr/tonn (3.000-4.000 kr/tonn). Gulrot ga minimalt med avrenning i prosjektet og vi bruker derfor en tørrstoffandel på 20% i blandinger med gulrot. Alternativene med ensilering vil medføre etablering av nye prosesseringslinjer som forutsetter flere investeringer samt endringer i intern logistikk. Bruk av bygg krever en kornvalse, men vi forutsetter at høy kan hakkes på samme maskin som potet. Uansett scenario vil ensilering av potet kreve flere investeringer og medfører økte prosesseringskostnader. Vi forutsetter at husdyrprodusenter som kjøper ensilasje henter selv på Produsentpakkeriet.

Verdikjede

Mottak	Sortering/pakking	Distribusjon	Bruk
--------	-------------------	--------------	------

Varestrøm potet



Varestrøm gulrot

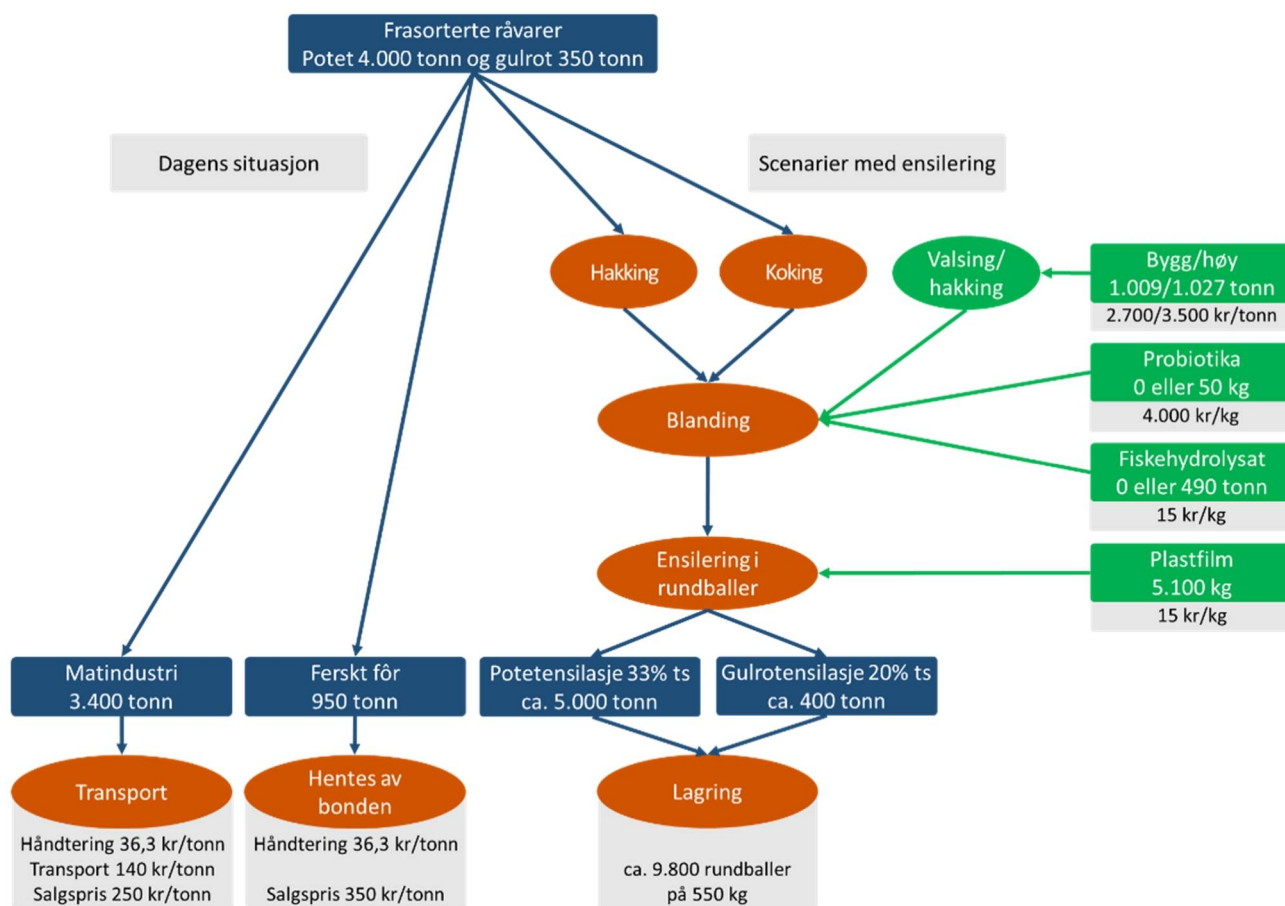


Figur 6. Varestrøm på Produsentpakkeriet for potet og gulrot i dagens verdikjede.

Tabell 11. Kjemisk sammensetning og omsettelig energi for drøvtyggere og svin i utvalgte blandinger, estimert ved hjelp av førtabeller (Førtabell, 2008)

	Potet	Gulrot	Potet + bygg	Kokt potet + bygg	Potet + høy	Kokt potet + høy	Kokt potet + bygg + fiskehydrolysat	Gulrot + bygg	Gulrot + høy
Kjemisk sammensetning, g/kg ts									
Råprotein	91	101	95	95	99	99	113	103	105
NDF	73	-	98	98	193	193	91	109	171
Stivelse	761	0	731	731	605	605	711	95	13
Totalsukker	0	600	3	3	0	0	2	522	519
Råfett	4	12	9	9	9	9	9	14	14
Omsettelig energi, MJ/kg ts									
Drøvtygger	12,5	12,6	12,6	12,6	12,0	12,0	12,2	12,7	12,3
Gris	13,9 ¹	12,9	14,1	15,5	11,1	12,4	15,0	13,2	11,2

¹ Kokt potet: 15,6 MJ/kg ts.



Figur 7. Prosesskart for potet fra mottagelse på Produsentpakkeriet til dagens sluttprodukter (industripotet og fôrpotet) eller alternative sluttprodukter (ensilasje). Blå firkanter symboliserer råvaren i forskjellige faser av prosessen, oransje ovaler symboliserer transformasjoner, grønne firkanter/ovaler symboliserer innsatsfaktorer/prosessering og grå firkanter indikerer kostnader og priser.

Basert på blandingsforhold og tabellverdier (Fôrtabell, 2008) ble det beregnet kjemisk sammensetning og innhold av omsettelig energi for blandningene (tabell 11). Endringer som skyldes ensileringsprosessen, som for eksempel reduksjon i innhold av stivelse og sukker, ble det ikke tatt hensyn til. Gulrot har noe høyere innhold av råprotein og råfett enn potet. Karbohydratfraksjonen består i stor grad av stivelse i potet og sukker i gulrot. Koking øker konsentrasjonen av omsettelig energi for gris i potet. Konsentrasjonen av omsettelig energi for gris i høy ble satt lik null, men små mengder ensilert høy antas å være fordøyelig hos gris. Generelt reduserer ensilering med høy fôrverdien sammenlignet med bygg og tilsetning av fiskehydrolysat har positiv effekt.

Investeringskostnader, arbeidsbehov og driftskostnader

Investeringer i ny produksjonslinje er avhengig av konfigurasjon iht. valgte prosesser og sluttprodukt (tabell 12). Dersom potetene skal kokes må en investere i dampkjel og dampkoker. Bruk av rå potet/gulrot og høy krever et system for hakking. Ved bruk av bygg antar vi at frøene må vales før ensilering. Blanding av massen skjer i en fullfôrvogn og en kompaktor brukes til ensilering i rundballer. Kompaktorer finnes i ulike størrelser og vi har valgt den minste som lager rundballer på 550 kg. Avhengig av valgt scenario blir investeringene på 1,7 til 3,1 mill. kr. I våre beregninger forutsetter vi at hele investeringsbeløpet blir lånt med en nedbetalingstid på 15 år og 12 terminer per år. Vi har brukt serielån med nominell rente på 6,5%. Dette gir årlige kapitalkostnader på 177.000 til 305.000 kr. Investeringskostnadene påvirkes av mange faktorer og det er derfor knyttet en viss usikkerhet til de estimerte beløpene.

Scenariene som er inkludert i de økonomiske kalkylene er potet + bygg, kokt potet + bygg, potet + høy, kokt potet + høy, kokt potet + bygg + fiskehydrolysat, gulrot + bygg og gulrot + høy (tabell 13). Ensilering av potet er belastet for investeringskostnadene. Ved ensilering av gulrot som har mye mindre volum kan samme maskiner brukes som ved ensilering av potet og en kan kombinere ensilering av potet og gulrot.

Den største kostnaden ved ensilering er knyttet til innkjøp av tørrstoffråvarer og blandingsforholdet har derfor stor betydning for lønnsomheten. Tørket fiskehydrolysat er den dyreste ingrediensen, men øker førverdien ved å øke proteininnholdet. Ved en innblanding av 10% fiskehydrolysat på tørrstoffbasis øker proteininnholdet i ensilasje av potet og kli fra 9,5% til 11,3%. Blandingen med fiskehydrolysat ga den høyeste totale råvarekostnaden og blandinger med bygg den laveste.

Tabell 12. Investeringer og kapitalkostnader til produksjonslinjer for ensilering av potet eller gulrot med ulike ingredienser og med eller uten koking

	Potet/gulrot + bygg	Kokt potet + bygg m/u fiske- hydrolysat	Potet/gulrot + høy	Kokt potet + høy
Investeringer, 1.000 kr				
Dampkjel, Yuanda Boiler ¹	-	250	-	250
Dampkoker, Kiremko ²	-	1.120	-	1.120
Kornvalse, Skiold KB300 ³	80	80	-	-
System for hakking av potet og høy, RBK FlexiFeed ⁴	200	-	200	200
Fullforvogn, Kuhn Euromix ⁵	300	300	300	300
Kompaktor, Orkel MC850 ⁶	1.200	1.200	1.200	1.200
Sum investeringer	1.780	2.950	1.700	3.070
Årlige kapitalkostnader, 1.000 kr⁷	177	293	169	305

¹ Yuanda Boiler, Henan, Kina, <http://www.yuanda-boiler.com/> .

² Kiremko, Montfoort, Nederland, http://www.kiremko.com/en_US .

³ Skiold A/S, Sæby, Danmark, <http://skiold.com/feed/products/milling-grinding> .

⁴ RBK FlexiFeed, Serigstad Agri, Bryne, <http://serigstad.no/no/produkter/rundballekutter/modeller-av-rbk-flexifeed>).

⁵ Kuhn Euromix fullforvogn, Kuhn S.A., Saverne, Frankrike, http://www.kuhn.com/com_en/range/bedding-feeding/tmr-mixers/euromix-i-2370.html .

⁶ Orkel MC850, Orkel, Fannrem, <http://orkel.no/produkter/compacto/> .

⁷ Gjennomsnittlige årlige kostnader: Avdrag og renter. Serielån: Nedbetalingstid 15 år, 12 terminer per år, nominell rente 6,5% per år, ingen gebyrer, <http://www.laane kalkulator.no/default.aspx> .

Vi estimerte at koking av 4.000 tonn potet krever et halvt årsverk, ensilering ett årsverk og lagring, transport og andre arbeidsoppgaver ett årsverk. Kostnaden per årsverk er 650.000 kr, som er grunnlønn ganget med 1,35.

Strømforbruk er avhengig av produksjonslinjens konfigurasjon. Vi har estimert at linjen for ensilering av rå potet har et effektbehov på 125 kW (117-130 kW), mens linjen for ensilering av kokt potet krever 490 kW (485-500 kW). Vi antar at linjene skal brukes 220 dager i året, 7 timer per dag, altså 1.540 t i året. Med en strømpris på 30 øre/kWh blir dette årlig strømkostnad på 57.900 kr ved ensilering av rå potet og 226.500 kr ved ensilering av kokt potet.

Den økonomiske analysen tar kun hensyn til en del av direkte og indirekte kostnader, og må dermed revideres ved forretningsplanlegging. En del driftskostnader (personalkostnader, strømkostnader, osv.) er avhengig av produksjonslinjens automatiseringsgrad.

Tabell 13. Årlige kostnader for varer, elektrisitet og arbeid i ulike produksjonslinjer for ensilering av rå eller kokt potet med bygg eller høy og tilsatt probiotiske bakterier og ensilert i rundballer

	Pris	Potet + bygg	Kokt potet + bygg	Potet + høy	Kokt potet + høy	Kokt potet + bygg + fiskehydrolysat	Gulrot + bygg	Gulrot + høy
Tørrstoffandel i blanding		33%	33%	33%	33%	33%	20%	20%
Råvarer								
Potet, tonn		4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	- ¹	- ¹
Gulrot, tonn		-	-	-	-	-	350	350
Bygg, tonn		1.009	1.009	-	-	808	54	-
Høy, tonn		-	-	1.027	1.027	-	-	54
Fiskehydrolysat, tonn		-	-	-	-	170	-	-
Probiotika, kg		50	50	50	50	50	50	50
Plast, kg ²		3.734	3.734	3.747	3.747	3.711	301	301
Rundballer, antall		9.107	9.107	9.140	9.140	9.051	734	735
Sum råvarer, tonn		5.009	5.009	5.027	5.027	4.978	404	404
Kostnader, 1.000 kr								
Bygg	2.700 kr/tonn	2.724	2.724	-	-	2.182	145	-
Høy	3.500 kr/tonn	-	-	3.595	3.595	-	-	190
Fiskehydrolysat	15.000 kr/ tonn	-	-	-	-	2.550	-	-
Probiotika	3.000 kr/kg	150	150	150	150	150	12	12
Plast	25 kr/kg	93	93	94	94	93	8	8
Sum råvarekostnader		2.968	2.968	3.838	3.838	4.974	165	210
Arbeidsforbruk								
Koking, årsverk		-	0,5	-	0,5	0,5	-	-
Ensilering, årsverk		1	1	1	1	1	0,1	0,1
Lagring, transport, etc., årsverk		1	1	1	1	1	0,1	0,1
Sum, årsverk		2,0	2,5	2,0	2,5	2,5	0,2	0,2
Sum arbeidskostnad, 1.000 kr³	650.000 kr/årsverk	1.300	1.625	1.300	1.625	1.625	130	130
Strømforbruk								
Effektbehov, kW		125	490	125	490	490	125	125
Tid (7 t × 220 d), t		1.540	1.540	1.540	1.540	1.540	135	135
Strømforbruk, MWt		193	755	193	755	755	17	17
Sum strømkostnader, 1.000 kr	0,30 kr/kWt	58	226	58	226	226	5	5

¹ Gulrot ensileres med maskiner for potet og er derfor ikke oppført med investeringskostnader.

² Rundball laget med Orkel MCA850: 0.48 m³, 550 kg; 6 lag med plast veier 410 g per rundball.

³ Grunnlønn × 1,35.

Lønnsomhet

Dagens situasjon med levering av frasorterte råvarer til matindustri og salg av ubehandlet fôr ga relativt små inntekter, men var lønnsomt på grunn av små kostnader (tabell 14). Salgspris for ensilasje ble estimert til 2,00 kr/kg tørrstoff ved bruk av rå potet, 2,30 kr/kg tørrstoff ved bruk av kokt potet og 3,00 kr/kg tørrstoff ved tilsetning av fiskehydrolysat. Alle salgsprisene fikk et tillegg på 25% for innhold av probiotiske bakterier som antas å være helsefremmende for produksjonsdyr. Dette førte til høyest inntekt for potetensilasje tilsatt fiskehydrolysat. Inntektene ved salg av ensilasje basert på kokt potet var høyere enn når rå potet ble brukt.

Tabell 14. Lønnsomhet i dagens situasjon og ved ulike scenarier for ensilering av potet og gulrot

	Dagens situasjon ²	Potet + bygg	Kokt potet + bygg	Potet + høy	Kokt potet + høy	Kokt potet + bygg + fiskehydrolysat	Gulrot + bygg	Gulrot + høy
Kostnader, 1.000 kr								
Kapitalkostnader	0	177	293	169	305	293	- ¹	- ¹
Varer	0	2.968	2.968	3.838	3.838	4.974	165	210
Strøm	0	58	226	58	226	226	5	5
Personal	715 ²	1.300	1.625	1.300	1.625	1.625	130	130
Sum kostnader	715	4.502	5.112	5.365	5.995	7.119	282	345
Inntekter								
Fôr (industri/fôr), tonn	3.400/950	5.009	5.009	5.027	5.027	4.978	404	404
Antatt salgspris, kr/tonn ³	250/350	825	950	825	950	1.238	500	500
Sum inntekter, 1.000 kr	850 + 333	4.132	4.759	4.147	4.776	6.160	202	202
Inntekter minus kostnader, 1.000 kr								
	468	-370	-354	-1.218	-1.219	-958	-98	-143
Inntekter minus kostnader, kr/tonn potet/gulrot								
	108	-92	-88	-304	-305	-240	-279	-408

¹ Maskiner for potet kan også brukes til gulrot, derfor ingen kapitalkostnader.

² 1,1 årsverk for lagring transport av potet og gulrot i dagens situasjon

³ 250 kr/tonn til matindustri, 350 kr/tonn for råvare som fôr. 2,00 kr per kg tørrstoff for ensilert potet/gulrot, 2,30 kr/kg tørrstoff for kokt potet, 3,00 kr/kg tørrstoff for ensilasje med fiskehydrolysat og i tillegg 25% påslag for innhold av probiotika.

Alle ensilasjer, inkludert gulrot som ikke ble belastet for kapitalkostnader førte til et negativt resultat. Det laveste underskuddet ble beregnet for rå eller kokt potet ensilert med bygg. Tilsetning av fiskehydrolysat og valg av høy istedenfor bygg ga høyere underskudd. Dersom en ensilerer alle frasorterte og kokte poteter og frasorterte gulrøtter med bygg vil det totale årlige underskuddet bli på -451.000 kr. Uttrykt per tonn frasortert potet er underskuddet på -88 kr når en ensilerer kokte poteter med bygg. Resultatet viser at det ikke er lønnsomt å ensilere frasortert potet og gulrot under de gitt forutsetningene.

Det er flere forhold som kan gjøre det lønnsomt å ensilere frasortert potet og gulrot. Den viktigste faktoren er prisen på tørrstoffingredienser og blandingsforholdet. Dersom en kan få tak i tilsvarende råstoff, som gjerne kan være et biprodukt som for eksempel brødrester, til en lav pris eller dersom en kan redusere andelen av tørrstoffingredienser uten at dette fører til avrenning kan ensilering bli lønnsomt. Den andre store kostnaden er knyttet til arbeidsforbruk, men det er usannsynlig at det virkelige arbeidsbehovet er så mye lavere at en reduksjon alene er nok å gjøre det lønnsomt. Salgsprisene som ble valgt er ganske høye sammenlignet med det dagens pris for frasorterte poteter og det er usannsynlig at en kan ta en høyere pris med mindre det kan lages en blanding som kan fungere som fullfôr, noe som vil kreve et høyere proteininnhold. De valgte salgsprisene forutsetter at probiotiske bakterier har en målbar helseeffekt som for til reduserte veterinærutgifter og at dette kan kommuniseres til husdyrprodusenter.

Evalueringen av potensialet for hele regionen, Midt-Norge

Scenariene viser at det er teknisk mulig å produsere ensilert potet/gulrot på en effektiv måte. Hovedutfordringen er de høye investeringskostnadene, merarbeid sammenlignet med dagens situasjon samt den antatt begrensede betalingsviljen. Pris per kg tørrstoff må økes med ca. 20% for at ensilering av all

frasortert potet (kokt eller rå) med bygg og ensilering av gulrot med bygg gir det samme økonomiske resultat som dagens situasjon på Produsentpakkeriet. Ved bruk av høy må prisen øke med omtrent 40%.

Kostnadene kan reduseres ved å kutte bruk av bakteriepreparat dersom en klarer å oppnå en stabil fermenteringsprosess uten. Tilsetning av probiotika er en betydelig kostnad, men samtidig kan det gi en betydelig tilleggsverdi dersom brukeren etterspør det. Dokumentasjon av effekter og utvikling av driftsformer for bruk av probiotisk fôr må utvikles. Det kan tenkes at et slikt produksjonssystem kan ta ut en merpris i markedet. Bruk av fiskehydrolysat kan forsvares dersom en kan få tak i billigere råvare og når proteininnholdet er høyt nok til at fôret kan brukes som fullfôr. Det estimerte arbeidsbehovet er ganske høyt, men med en effektiv organisering av arbeidet kan denne kostnaden reduseres. Dersom en finner alternativ bruk til maskiner i perioder de ikke er i bruk kan en fordele investeringskostnadene på flere aktiviteter og dermed øke lønnsomheten. En kompaktor kan brukes til plassbesparende pakking av mange råvarer, noe andre aktører på Frosta kan ha bruk for.

Selv om kostnadene kan reduseres og salgsprisen for ensilasje økes vil det kun for et stort pakkeri være økonomisk lønnsomt på grunn av høye investeringskostnader. Samfunnsøkonomiske fordeler ved ensilering som inkluderer bedre ressursutnyttelse, økt selvforsyningsgrad og forbedret tarmhelse hos produksjonsdyr som gis ensilasje, er argumenter for at det bør vurderes å gi tilskudd til investeringer.

Med dagens priser og tilskuddssystem vil det ikke være økonomisk lønnsomt å ensilere potet/gulrot i rundballer. Dersom rammebetingelsene endres kan ensilering føre til lokal verdiskapning og bedre ressursutnyttelse i hele verdikjeden. Bare store pakkerier vil kunne utvikle denne verdikjeden på grunn av det store investeringsbehovet. Det betyr at den regionale betydningen i Midt-Norge vil være knyttet til en eller få store aktører. Overføringsverdien til andre regioner eksisterer.

Dersom en kan etablere en lønnsom verdikjede for ensilering av frasortert potet og gulrot vil potensialet for Midt-Norge være det firedoble av volumet på Produsentpakkeriet. Det betyr at en kan produsere rundt 21.000 tonn ensilasje med frasortert potet og gulrot som hovedingrediens. Store investeringer for pakkeriene krever at aktuelle pakkerier håndterer store mengder råvarer, og derfor er det usannsynlig at flere aktører i Midt-Norge kan vurdere ensilering for å forbedre ressursutnyttelsen.

Konklusjoner

Ensileringsforsøkene bekreftet at en blanding med potet som inneholder 33-45% tørrstoff gir gode forhold for ensilering med lav pH og lite avrenning. For gulrot ble det funnet gode forhold også ved lavere tørrstoffinnhold på 15-40%. Inokulering med melkesyrebakterier reduserte pH og det ble funnet høye konsentrasjoner av melkesyrebakterier i alle prøver også i blandinger som ikke ble inokulert. Uønskede bakterier ble ikke påvist, men noen prøver inneholdt mugg- og gjærsopp. Hvetekli og høy er godt egnet som tørrstoffingrediens. Tilsetning av fiskehydrolysat for å øke tørrstoffinnhold og proteininnhold førte til høyere pH enn ønsket for en god konservering. Lagringsstabiliteten etter åpning av posene varierte mye. Det er usikkert hvilke faktorer det var som førte til varmgang. De fleste blandinger kunne lagres i opptil to uker ved romtemperatur uten at temperaturen økte med to grader. Konsentrasjonen av omsettelig energi ble estimert til 12,0 til 12,7 MJ/kg tørrstoff for drøvtyggere og 11,2 til 15,5 MJ/kg tørrstoff for gris, avhengig av blanding. Ensilering av frasortert potet og gulrot ble vurdert som gjennomførbart med muligheten til å forbedre ernæringsverdien ved valg av ulike tilsetningsstoffer. Ensilasjen virket å være stabil så lenge den var lagret i lufttette poser, men lagringsstabiliteten etter åpning varierte.

Dagens system for utnyttelse av frasortert potet og gulrot gir et lite overskudd for Produsentpakkeriet, men alle scenarier for ensilering ga et negativt økonomisk resultat. Hovedårsaken for det negative resultatet ligger i høye råvarekostnader for bygg og høy samt personalkostnader. Det er stor usikkerhet knyttet til salgspris for ensilasje. En pris på 2,30 kr/kg tørrstoff ved ensilering av kokt potet med bygg ga en salgspris på 760 kr/tonn ensilasje. Ved å øke salgsprisen til 900 kr/tonn ensilasje vil det økonomiske resultatet være lik dagens situasjon som i utgangspunktet var vurdert som lite lønnsomt.

Kalkylene viser at det i dag ikke er lønnsomt å ensilere frasortert potet eller gulrot selv med et tillegg på 25% for innhold av probiotika. Situasjonen kan endre seg om en finner en tørrstoffingrediens som gir lave råvarekostnader. Ved markedsføring av ensilasje vil det være viktig å kunne dokumentere positiv helseeffekt av probiotika og at utfôringen kan mekaniseres på en god måte. Det gjenstår også å undersøke om ensilasje er et smakelig fôr for enmaga dyr og hvor stor andel av fôrrasjonen den kan utgjøre.

Forprosjektet med ensilering av poteter og gulrøtter avdekket et behov for mer forskning på alternative tørrstoffråvarer, lagringsstabilitet etter eksponering i luft og utprøving av ensilasje til enmaga dyr. Det bør også forskes mer på og helsefremmende effekter hos produksjonsdyr ved fôring av ulike typer ensilasje tilsatt probiotiske bakterier. Derfor kan fremtidige prosjekter som handler om ensilering av poteter og gulrøtter ha fokus på ressursutnyttelse, probiotika og dyrehelse.

Problemstillinger for videre arbeid

Prosjektgruppen oppsummerte følgende punkter for videre arbeid:

- Høye kostnader: Tørrstoffingredienser er den største kostnaden og en må finne billigere alternativer. Dette er per i dag den største flaskehalsen for utvikling av en verdikjede for ensilering av frasortert potet eller gulrot.
- Salgspris: Prisen husdyrprodusenter er villige å betale for ensilasje er avhengig av fôrverdi, kostnader knyttet til transport og fôring og mulige helseeffekter hos produksjonsdyr. Det er nødvendig å utvikle praktiske løsninger for logistikk og mekanisering av utfôring.
- Smakelighet og helseeffekter: Det er viktig å vise til eksisterende dokumentasjon på helseeffekter (EFSA) og dokumentere den økonomiske betydningen under norske forhold. Det er også viktig å etablere prosedyrer som hindrer oppformering av uønskede mikroorganismer og analyser som kvalitetssikrer produktet. Smakeligheten til ensilasjen og tilvekst/produksjon hos husdyr må undersøkes under norske forhold.

Litteraturreferanser

- Adler S. & Løes A.K. 2015. Potetball i stort volum. Norsk Landbruk nr. 19.
- Adler S., Honkapää K., Saarela M., Slizyte R., Sterten H., Vikman M. & Løes A.-K. 2014. Utilisation of co-streams in the Norwegian food processing industry - A multiple case study. Bioforsk Rapport Vol. 9, nr. 82, 64 s.
- Alakomi H.-L., Höhl A., Tomic D.H., Thomas M., Bruggeman G., Tassis P., Prukner-Radovic E., Tzika E., Axelsson L., Kneifel W. & Saarela M. 2016. Antimicrobial resistance and residues in the EU: current situation and possible countermeasures, emphasis on *Campylobacter* and *Salmonella*. Quality Assurance and Safety of Crops & Foods 8(3):399-413. <https://doi.org/10.3920/QAS2014.0576> .
- Bozkurt M.; Küçükyılmaz K.; Çatlı A.U. & Çınar M. 2009. The effect of single or combined dietary supplementation of prebiotics, organic acid and probiotics on performance and slaughter characteristics of broilers. South African Journal of Animal Science 39(3):197-205.
- Bøe K.E. & Jenssen A.C. 2000. Grovfôr til purker. Husdyrforsøksmøtet 2000. NMBU. <https://www.nmbu.no/fakultet/biovit/forskning/hfm/tidligere/2000> .
- Commission Regulation (EC) 432/2012 of 16 May 2012 establishing a list of permitted health claims made on foods, other than those referring to the reduction of disease risk and to children's development and health [2012] OJ L136/1-40. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L .2016.230.01.0008.01.ENG> .
- Corbett R.A. Feeding potatoes to livestock. Cooperative extension fact sheet, Extension Dairyman, University of Maine, 1 s.
- Cornell. 2008. Lactic acid bacteria – homofermentative and heterofermentative. Dairy Foods Science Notes, Cornell University, Ithaca NY, USA, 1 s.
- Czarnocka-Rocznikowa B., Rutkowski A. & Sobańska E. 1972. Rapeseed. 23. Microbiology of potato silage with addition of rapeseed. Nahrung 16(8):849-58.
- Dankowiakowska, A., Kozłowska, I. & Bednarczyk, M. 2013. Probiotics, prebiotics symbiotics in poultry – mode of action, limitation, and achievements. Journal of Central European Agriculture 14(1):467-478. <http://dx.doi.org/10.5513/JCEA01/14.1.1222> .
- EFSA (European Food Safety Authority). 2017. Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed <http://www.efsa.europa.eu/en/panels/feedap> .
- Fôrtabell. 2008. Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap, Universitetet for miljø- og biovitenskap og Mattilsynet. <http://statisk.umb.no/iha/fortabell/index.php> .
- Fuller R. 1989. Probiotics in man and animals. The Journal of Applied Bacteriology 66(5):365-78. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2672.1989.tb05105.x> .
- Gaggia F., Mattarelli P. & Biavati P. 2010. Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. International Journal of Food Microbiology 141:15-28. <https://doi.org/10.3920/QAS2014.0576> .
- Giang H.H., Ly L.V. & Brian Ogle B. 2004. Digestibility of dried and ensiled sweet potato roots and vines and their effect on the performance and economic efficiency of F1 crossbred fattening pigs. Livestock Research for Rural Development 16(7).
- Haigh P.M. & Parker J.W.G. 1985. Effect of silage additives and wilting on silage fermentation, digestibility and intake, and on liveweight change of young cattle. Grass and Forage Science 40(4):429-436. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2494.1985.tb01774.x> .
- Halliday L. 2007. Ensiling potatoes. Prince Edward Island, Agriculture and Fisheries.
- Hoover W.H., Sniffen C.J. & Wildman E.E. 1976. Nutritive Value of Potato-Based Silages for Dairy Bulls. Journal of Dairy Science 59(7):1286-1291.

Kaiser A.G. 2004. Top Fodder Successful Silage. Dairy Australia and New South Wales Department of Primary Industries (A.G. Kaiser, J.W. Piltz, H.M. Burns, N.W. Griffiths eds.), 2. utgave. Kapittel 7: Silage additives. 171-196 s.

Lovdata. 2000. Forskrift om plantehelse. Forskrift om planter og tiltak mot planteskadegjørere, FOR-2000-12-01-1333. Tilgjengelig på <http://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2000-12-01-1333> .

LUKE, 2016. Morotsskal ger mervärde. 20.09.2016. <https://www.luke.fi/sv/morotsskal-ger-mervarde/> .

Maynard E.J. 1914. Potatoes for livestock. Colorado Agricultural College, Extension Service, Fort Collins. 11 s.

McDonald, P., Henderson, A.R. & Heron, S.J.E. 1991. The Biochemistry of Silage. Chalcombe Publications, Marlow, Buckinghamshire, UK.

M'Sadeq S.A., Wu S., Swick R.A. & Choct M. M'Sadeq. 2015. Towards the control of necrotic enteritis in broiler chickens with in-feed antibiotics phasing-out worldwide. *Animal Nutrition* 1:1-11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aninu.2015.02.004> .

Muck R.E. 1993. The role of silage additives in making high quality silage. In: *Silage Production from the Seed to Animal*. NRAES-67, pp 106-116. Northeast Regional Agricultural Engineering Service (NRAES), Cooperative Extension, Ithaca, NY, USA.

Nkosi B.D. & Meeske R. 2010. Effects of whey and molasses as silage additives on potato hash silage quality and growth performance of lambs. *South African Journal of Animal Science* 40(3):229-237.

Parker R.B. 1979. Use of microbial inocula for silage. In: *Forage conservation in the 80's*. Occasional Symposium No. 11. British Grassland Society, 91 s.

Ranjit N.K., Kung, L.Jr. 2000. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *L. plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. *Journal of Dairy Science* 83:526-535.

SAS Institute. 2017. SAS 9.4 Programming Documentation. SAS Inst. Inc., Cary, NC.

Schöne, F. Jahreis, G. Ludke & H. Groppe, B. 1986. Hypothyreose bei Sauen und Ferkeln nach Fütterung einer Kartoffel-Rapsextraktionschrot-Silage. *Archiv für experimentelle Veterinärmedizin* 40:507-589.

Shepard J.B., Woodward T.E. & Melin C.G. 1946. Methods of making potato silage and tests of its feeding value for dairy cows. *Technical Bulletin No. 914*:1-15.

SSB (Statistisk sentralbyrå). 2017. StatBank Norway. Tilgjengelig på <https://www.ssb.no/statistikkbanken> .

Sugimoto M., Saito W. & Ooi M. 2010. The effects of urea-treated potato pulp (PP) ensiled with beet pulp or wheat bran pellets to reduce moisture of PP and flake density of corn grain supplemented with the PP silage on digestibility and ruminal fermentation in beef steers. *Animal Science Journal* 81(3):316-324. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1740-0929.2010.00740.x> .

Sugimoto M., Saito W., Ooi M., Sato Y. & Saito T. 2009. The effects of inclusion levels of urea-treated potato pulp silage in concentrate and roughage sources on finishing performance and carcass quality in cull beef cows. *Animal Science Journal* 80(3):280-285. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1740-0929.2009.00629.x> .

Swain M.R., Anandharaj M., Ray R.C. & Rani R.P. 2014. Fermented fruits and vegetables of Asia: A potential source of probiotics. *Biotechnology Research International*. Article ID 250424, 19 s. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/250424> .

Szember A. 1953. Microflora of potato silage. *Acta Microbiologica Polonica* 2:242-245.

Tauqir N.A. 2004. Impact of varying moisture levels, different additives and fermentation periods on nutritive value of leguminous and non-leguminous fodder silages in lactating Nili Ravi buffaloes. PhD Dissertation, Animal Nutrition, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan.

Thomas R., Nkosi B.D., Umesiobi D.O., Meeske R., Kanengoni A.T. & Langa T. 2010. Evaluation of potato hash silage from two bacterial inoculants and their effects on the growth performance of grower pigs. *South African Journal of Animal Science* 40 (5):488-490.

Weinberg Z.G., Muck R.E. 1996. New trends in development and use of inoculants for silage. *FEMS Microbiological Reviews* 19:53-68.

Woolford M.K. 1990. The detrimental effects of air on silage. *Journal of Applied Bacteriology* 68:101-116.

Øverland M. & Kjos N.P. 2004. Poteter og potetbiprodukter som fôr til gris. *Praksisnytt* Nr. 2, 2004.



www.norsok.no



Norsk senter for økologisk landbruk, NORSØK er ei privat, sjølvstendig stifting.
Stiftinga er eit nasjonalt senter for tverrfaglig forskning og kunnskapsformidling for å utvikle økologisk landbruk.

NORSØK skal bidra med kunnskap for eit meir berekraftig landbruk og samfunn.
Fagområda er økologisk landbruk og matproduksjon, miljø og fornybar energi.

Norsk senter for økologisk landbruk / Gunnarsveg 6 / NO-6630 TINGVOLL / Telefon: +47 930 09 884 / E-post:
post@norsok.no