



Se EU-Kommissionen, Den Europæiske Landbrugsfond for Udvikling af Landdistrikterne

23. februar 2018

Tyndere og tættere ensileringsfolie gav lige så god ensilagekvalitet

Dækning af græsensilage med Silostop® MAX gav samme aerobe stabilitet, fermentering og pH i ensilagen som dækning med almindelig dæk- og vakuumfolie

Rasmus Jul Hauge, Nikolaj Hansen, Anne Mette Kjeldsen og Rudolf Thøgersen, SEGES HusdyrInnovation

Sammendrag

Effekten af to forskellige typer af ensileringsfolier på aerob stabilitet, fermenteringsprofil, pH og mikrobiologisk sammensætning blev testet i kløvergræsensilage i 20 markstakke og plansiloer. De to folietyper omfattede ét lag Silostop® MAX (80 µm polyethylen og ethylene vinyl alkohol), der har en meget lav iltgennemtrængelighed, og ét lag Trilen® 150 UV 18 dækfolie i kombination med ét lag vakuumfolie (150 + 40 µm polyethylen). Behandlingerne blev fordelt mellem markstakkene og plansiloerne af kløvergræsensilage ved lodtrækning. Ca. to måneder efter ensilering blev der udtaget prøver af ensilagen fra 0 - 15 cm dybde og fra 15 cm dybde til ca. 10 cm fra bunden. Prøverne blev analyseret for aerob stabilitet, fermenteringsprofil, pH og mikrobiologisk sammensætning. Desuden blev prøver af Silostop® MAX fra både ubrugte og brugte folier, der var anvendt til dækning af stakkene, testet for iltgennemtrængelighed.

Folietypen havde ingen effekt på aerob stabilitet, fermenteringsprofil, pH eller mikrobiologisk sammensætning. Flere parametre var derimod påvirket af, om prøven var taget øverst (0 - 15 cm dybde) eller nederst (15 cm dybde til ca. 10 cm fra bunden) i stakken eller siloen. pH var lavest ($P < 0,001$) og koncentrationen af mælkesyre og sukker højest ($P < 0,001$ hhv. $< 0,01$) i de nederste prøver, mens koncentrationen af ethanol og mælkesyrebakterier var højest ($P < 0,001$ hhv. $< 0,01$) i de øverste prøver. Der var desuden tendens til dårligere aerob stabilitet ($P = 0,08$) i de øverste prøver.

Den meget lave iltgennemtrængelighed for Silostop® MAX blev bekræftet ved analyser af både ubrugte folier og folier, der havde været anvendt på ensilagen i ca. fem måneder. Den aerobe stabilitet i de undersøgte stakke var generelt høj, hvilket kan have været medvirkende til, at der ikke blev fundet forskelle mellem behandlingerne på trods af den meget lave iltgennemtrængelighed for Silostop® MAX. Undersøgelsen viser, at ét lag Silostop® MAX giver lige så god ensilagekvalitet og aerob stabilitet som en kombination af en almindelig dæk- og vakuumfolie. Valget af folietype til ensilering bør derfor afhænge af bl.a. pris, brugervenlighed, fysisk/kemiske egenskaber og hensyn til miljø. På sigt forventes tyndere folier med lav iltgennemtrængelighed at få større udbredelse frem for de nuværende traditionelle typer på grund af hensyn til brugervenlighed og miljø.

Introduktion

Opbevaring af ensilage under så lufttætte forhold som muligt er stærkt afgørende for at opnå en god fermentering, en høj aerob stabilitet og dermed et minimalt tab af ensilagetørstof under opbevaring og udfodring.

Normalt anvendes mindst to lag ensileringsfolier for at sikre en god beskyttelse af ensilagen og en lav iltgennemtrængelighed. Den mest almindelige praksis i Danmark er at bruge en såkaldt vakuum- eller underlagsfolie på kun 40 µm, der har til formål at smygge sig tæt langs ensilagen for at hindre horisontal transport af luft under folien. Over vakuumfolien anvendes mindst én dækfolie på 150 µm til at beskytte ensilagen og den underliggende vakuumfolie. I nogle tilfælde anvendes to lag dækfolie i stedet for en kombination af dæk- og vakuumfolie.

Iltgennemtrængeligheden af standard polyethylen ensileringsfolier har tæt sammenhæng med foliens tykkelse. Almindelige dækfolier fremstillet af polyethylen med en tykkelse på 150 µm har ofte en iltgennemtrængelighed på 150 – 200 cm³/m²/døgn, mens de tyndere vakuumfolier på 40 µm har en højere iltgennemtrængelighed på 800 – 1.000 cm³/m²/døgn. Nye folietyper, hvor der er indbygget særlige iltbarrierer baseret på f.eks. ethylene vinyl alkohol eller polyamid, gør det imidlertid muligt at fremstille tyndere folier, som har lavere iltgennemtrængelighed end polyethylen ensileringsfolier.

Silostop[®] MAX med en tykkelse på 80 µm og en iltbarriere baseret på ethylene vinyl alkohol er én af disse nye typer, der jævnfør dens specifikationer har en meget lav iltgennemtrængelighed (≤ 5 cm³/m²/døgn) og samtidig fysiske egenskaber på niveau med traditionelle folier. Denne folie anvendes med kun ét lag, hvilket gør håndteringen nemmere og reducerer materialeforbruget til mindre end halvdelen.

Formålet med undersøgelsen var at teste, om brugen af ét lag Silostop[®] MAX påvirkede ensilagens kvalitet sammenlignet med en traditionel dækning med en kombination af ét lag dækfolie og ét lag vakuumfolie. Kvalitetsparametrene omfattede aerob stabilitet, fermenteringsprofil, pH og mikrobiologisk sammensætning. Endvidere blev det undersøgt, om foliens iltgennemtrængelighed svarede til specifikationerne, og om den med tiden blev påvirket af vejr og ensilage. Testen blev gennemført i samarbejde med Brødr. Ewers A/S, der leverede de testede folier og bistod med at finde egnede testværdier.

Materialer og metoder

Testen omfattede to behandlinger:

- Silostop[®] MAX bestående af 80 µm polyethylen og ethylen vinyl alkohol co-ekstruderet i 7 lag
- Trilen[®] 150 UV18 dækfolie på 150 µm co-ekstruderet i 3 lag i kombination med vakuumfolie på 40 µm (i alt 190 µm)

Foliernes tykkelse og iltgennemtrængelighed baseret på oplysninger fra Brødr. Ewers og producenten fremgår af tabel 1.

Tabel 1. Tykkelse og iltgennemtrængelighed for de testede folier (oplyst af Brødr. Ewers og producent).

Egenskab	Enhed	Silostop [®] MAX	Standard	
			Trilen [®] 150 UV 18	Vakuumfolie
Tykkelse	µm	80	143	40
Iltgennemtrængelighed	cm ³ /m ² /døgn	≤ 5	-	840

Forsøgsværdier og græsensilage

De deltagende malkekvægbedrifter blev bl.a. udvalgt efter, at de havde en egnet markstak eller plansilo med græsensilage til testen. Det var et krav, at der ikke skulle lægges et andet slæt ovenpå, således at folien

kunne blive liggende på stakken indtil prøveudtagning. Desuden skulle værterne være indstillet på at lade folietypen afhænge af lodtrækning. Det blev tilstræbt i testen at have 10 partier af græsensilage til hver folie-type. Dette lykkedes med undtagelse af en enkelt stak fra behandlingen med kombinationen af dæk- og vakuumfolier, der måtte udgå undervejs i testen.

Udtagning af foder- og folieprøver

I forbindelse med ensilering blev der fra hver markstak eller plansilo af frisk græsafgrøde udtaget 10 delprøver jævnt fordelt over den tid, det tog at høste og indlægge afgrøden i stak eller silo. Delprøverne blev opbevaret i kølebokse med frosne køleelementer og hurtigst muligt transporteret til Kvægbrugets ForsøgsLaboratorium (KFL). Her blev delprøverne vejret og samlet til én prøve, der derefter blev neddelt efter keglemetoden og straks viderebehandlet eller frosset ned.

Ca. to måneder efter ensilering blev der i hver stak udtaget prøver øverst (0 - 15 cm dybde) og nederst (15 cm dybde til ca. 10 cm fra bunden) i stakken eller siloen. Den øverste prøve blev skåret ud med kniv, og den nederste prøve blev udtaget med eldrevet ensilagebor. Prøverne blev straks pakket i plastikposer og anbragt i kølebokse med frosne køleelementer. Samme dag blev prøverne transporteret til KFL i Skejby, hvor de blev neddelt sterilt efter keglemetoden til mindre delprøver, der straks blev viderebehandlet eller frosset ned.

Der blev udtaget folieprøver af Silostop® MAX fra to tilfældige ubrugte ruller samt tre stakke af græsensilage ca. fem måneder efter ensilering.

Analyser af foder og folier

Tørstofindholdet i de udtagne prøver blev bestemt i tørreskab med luftcirkulation ved 60 °C i mindst 36 timer på KFL. Tørstofindholdet i de ensilerede prøver blev korrigeret for tab af flygtige fedtsyrer (VFA) som beskrevet af Åkerlind et al., (2011). Prøverne blev formalet på Cyclotec med 1 mm sold og efterfølgende analyseret kemisk hos Eurofins Agro Testing Denmark A/S i Vejen for aske, råprotein, neutral detergent fiber (NDF), sukker og in vitro fordøjelighed af organisk stof (IVOS).

Desuden blev der fremstillet ekstrakter på basis af 100 g af ensilageprøverne, der blev analyseret for mælkesyre, eddikesyre, ethanol og propanol med Nær Infrarød Transmission (NIT) på KFL.

Den mikrobielle sammensætning i både frisk og ensileret græs blev bestemt ved Institut for Husdyrvidenskab, Aarhus Universitet. Bestemmelsen blev foretaget på optøede prøver ved dyrkning og optælling af koloniformende enheder (colony forming units, CFU) på agarplader og omfattede mælkesyrebakterier, coliforme bakterier, gær og skimmel (Kristensen et al., 2010).

Ensilageprøverne blev analyseret for aerob stabilitet på KFL. Straks efter neddeling blev prøverne inkuberet i en 1,5-L spand (ca. 1000 g) med en temperaturprobe placeret i midten af prøven. Spanden blev placeret i inkubationsskab (KB 8400, Termaks A/S) ved en konstant referencetemperatur på 20 °C. Ensilagens temperatur blev logget kontinuerligt, og den aerobe stabilitet blev angivet som tiden målt i timer, det tog for temperaturen at stige 2,5° C over referencetemperaturen. Hvis temperaturen i en prøve ikke var steget over 2,5° C efter 257 timer, blev prøverne taget ud af skabet, og deres tid blev noteret til 257 timer.

Folieprøverne blev analyseret for iltgennemtrængelighed (DIN 53380-3:1998-07) via Deutsche LandwirtschaftsGesellschaft, Tyskland.

Statistiske analyser

Analyserne og de indsamlede data blev analyseret ved brug af Proc MIXED i SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC).

Følgende model blev brugt i den statistiske analyse:

$Y = \text{Behandling} + \text{Prøvedybde} + \text{Tørstof} + \text{Stak} + \text{Prøvedato} + \text{Tilfældig variation}$

Hvor Y står for responset for en variabel med fast effekt af Behandling (Silostop® MAX eller kombination af dæk- og vakuumfolie), Prøvedybde (øverst eller nederst), lineær effekt af Tørstofindholdet samt tilfældig effekt af den enkelte Stak og Prøvedato. Statistisk signifikans betragtes som $P < 0,05$ for hovedvirkninger og $P < 0,01$ for vekselvirkninger.

Der blev også lavet en model, hvor vekselvirkningen mellem behandling og prøvetype indgik, men da der kun for ethanol var tendens til signifikant vekselvirkning ($P = 0,02$), blev denne vekselvirkning fjernet fra modellen. Der var således tendens til, at der var et højere indhold af ethanol i de øverste prøver ved dækning med Silostop® MAX end med kombinationen af Trilen® 150 UV 18 og vakuumfolie, mens der ingen forskel var i ethanol mellem de nederste prøver.

Der blev lavet en *t*-test på prøver af den friske afgrøde for at afgøre, om der var forskel på tørstofindhold og næringsstofsammensætning mellem behandlingerne ved forsøgets start.

Resultater og diskussion

I tabel 2 er resultaterne fra analyserne af den friske afgrøde vist. Der var ingen signifikante forskelle mellem behandlingerne, men der var tendens til et højere indhold af råprotein for behandlingen med Silostop® MAX.

Tabel 2. Tørstof- og næringsstofindhold samt IVOS i prøver af frisk kløvergræs.

Parameter	Enhed	Behandling		P-værdi
		Silostop® MAX	Trilen® 150 UV 18 dækfolie + Vakuumfolie	
Antal		10	9	
Tørstof	g/kg	359	346	0,57
Aske	g/kg TS	81	86	0,13
IVOS	%	77,1	77,5	0,66
Råprotein	g/kg TS	158	144	0,08
NDF	g/kg TS	433	417	0,38
Sukker	g/kg TS	146	156	0,40

Resultaterne for analyserne af ensilage er vist i tabel 3. Der var ingen signifikante forskelle i hverken tørstofindhold, næringsstofsammensætning, fermenteringsprofil, pH, mikrobiologisk sammensætning eller aerob stabilitet mellem behandlingerne. Men ligesom i de friske prøver var der tendens til højere indhold af råprotein for behandlingen med Silostop® MAX. Dette vurderes ikke at have haft betydning for sammenligningen mellem behandlingerne for de øvrige parametre.

Flere parametre var derimod påvirket af, om prøven var taget øverst (0 - 15 cm dybde) eller nederst (15 cm dybde til ca. 10 cm fra bunden) i stakken eller siloen. Koncentrationen af mælkesyre og sukker var højest i de nederste prøver, mens koncentrationen af ethanol og mælkesyrebakterier var højest i de øverste prøver.

pH var lavest i de nederste prøver, hvilket hænger sammen med det højere indhold af mælkesyre. Den højere koncentration af ethanol i de øverste prøver indikerer, at der har været en større vækst af gær. Dette kan være forklaringen på, at der var tendens til en dårligere aerob stabilitet i de øverste prøver. Dyrkning af prøverne viste dog ingen vækst af hverken gær, skimmel eller coliforme bakterier, men vi ved ikke, om det kan skyldes, at prøverne var blevet nedfrosset og derefter optøet før dyrkning.

Koncentrationen af råprotein og NDF var lavest i de nederste prøver, mens andelen af opløselig råprotein var højest. Der er ikke umiddelbart en forklaring på disse forskelle, men de kan måske delvist skyldes forskellene i fermenteringsprofil og pH, der kan have påvirket analyserne.

Tabel 3. Mindste kvadraters gennemsnit og P-værdier for næringsstofindhold, fermenteringsprofil, pH, mælkesyrebakterier og aerob stabilitet i græsensilage ved to behandlinger og to prøvedybder.

Parameter	Enhed	Behandling		Prøvedybde ¹		P-værdi	
		Silostop [®] MAX	Standard ²	Øverst	Nederst	Behandling	Prøvedybde
Antal		10	9	19	19		
Tørstof	g/kg	356	330	343	343	0,42	0,99
Aske	g/kg TS	98	98	99	96	0,90	0,15
Råprotein	g/kg TS	156	140	153	143	0,08	<0,01
Opl. råprotein	g/kg råprotein	615	615	589	642	0,98	<0,001
NDF	g/kg TS	388	393	401	380	0,77	<0,001
Sukker	g/kg TS	58	66	53	71	0,35	<0,01
Mælkesyre	g/kg TS	86	81	77	90	0,39	<0,001
Eddikesyre	g/kg TS	18	20	20	18	0,49	0,20
Ethanol	g/kg TS	22	17	23	16	0,10	<0,001
Propanol	g/kg TS	1,5	0,6	1,3	0,7	0,43	0,15
LAB ³	Log CFU/gram	6,6	6,6	6,9	6,4	0,99	<0,01
pH		4,31	4,17	4,33	4,15	0,18	<0,001
Aerob stabilitet ⁴	%	56	74	46	81	0,58	0,08

¹ Prøver udtaget øverst (0 - 15 cm dybde) og nederst (fra 15 cm dybde til ca. 10 cm fra bunden)

² Standard = kombination af dækfolie (Trilen[®] 150) og vakuumfolie

³ LAB = Mælkesyrebakterier

⁴ Aerob stabilitet = % prøver, hvor temperaturen ikke steg 2,5° C over referencetemperaturen indenfor 257 timer

Analyserne af to tilfældigt udvalgte og ubrugte Silostop[®] MAX-folier viste iltgennemtrængeligheder på 11 - 12 cm³/m²/døgn, hvilket bekræfter den oplyste meget lave iltgennemtrængelighed. Tilsvarende lave værdier på 10 – 11 cm³/m²/døgn blev målt i de tre prøver af brugte Silostop[®] MAX-folier, der havde været anvendt på græsensilagen i ca. fem måneder. Silostop[®] MAX har således opretholdt den meget lave iltgennemtrængelighed gennem opbevaringsperioden.

Græsensilage har generelt en høj aerob stabilitet i forhold til majsensilage, der betydeligt hurtigere udvikler varme efter udtagning fra stakken. Testens resultater tyder på, at der med de iltgennemtrængeligheder, der er i standard dæk- og vakuumfolier, ikke kan forventes en effekt på den aerobe stabilitet i kløvergræsensilage ved at reducere foliernes iltgennemtrængelighed yderligere. Dette resultat er i overensstemmelse med

en test i majsensilage af en anden type folie med en tilsvarende lav iltgennemtrængelighed ([Thøgersen et al., 2017](#)).

En metaanalyse af Wilkinson og Davies (2013) viste, at foliernes iltgennemtrængelighed kan have betydning for ensilagens aerobe stabilitet og tab i opbevaringsperioden. Den gennemsnitlige iltgennemtrængelighed for standardfolierne (125 µm) i metaanalysen var imidlertid 1811 cm³/m²/døgn, mens den for iltbarrierefolierne varierede fra 9 til 846 cm³/m²/døgn. Standardfolierne i metaanalysen havde således væsentlig højere iltgennemtrængelighed end i nærværende undersøgelse.

Konklusion

Undersøgelsen af to typer/kombinationer af ensileringsfolier (Silostop® MAX vs. kombination af dæk- og vakuumfolie) anvendt på kløvergræsensilage viste samme aerobe stabilitet, fermenteringsprofil, pH og mikrobiologiske sammensætning. Målingerne af iltgennemtrængelighed i både brugte og ubrugte folier af Silostop® MAX bekræftede en meget lav iltgennemtrængelighed.

Valget af folietype til ensilering bør derfor afhænge af bl.a. pris, brugervenlighed, fysisk/kemiske egenskaber og hensyn til miljø. På sigt forventes tyndere folier med lav iltgennemtrængelighed at få større udbredelse frem for de nuværende traditionelle typer på grund af hensyn til brugervenlighed og miljø.

Anerkendelser

Brødr. Ewers takkes for et godt samarbejde og for at have leveret de testede folier til undersøgelsen.

Mælkeproducenterne takkes ligeledes for et godt samarbejde og for at have stillet deres græsensilage til rådighed for testen.

Referencer

Kristensen, N. B., K. H. Sloth, O. Højberg, N. H. Spliid, C. Jensen, and R. Thøgersen. 2010. Effects of microbial inoculants on corn silage fermentation, microbial contents, aerobic stability, and milk production under field conditions. *Journal of Dairy Science* 93: 3764-3774.

Thøgersen, R., N. Hansen og A.M. Kjeldsen. 2017. Virkning og brug af nye typer ensileringsfolier. Fodringsdag, SEGES HusdyrInnovation.

Wilkinson, J. M., and D. R. Davies. 2013. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. *Grass and Forage Science* 68: 1-19.

Åkerlind, M., M. R. Weisbjerg, T. Eriksson, R. Thøgersen, P. Udén, B. L. Ölafsson, O. M. Hartstad, and H. Volden. 2011. Feed analyses and digestion methods. In: Harald Volden (ed.) *NorFor - The Nordic feed evaluation system*. p 41-54. Wageningen Academic Publishers, Wageningen.



Virkning og brug af nye typer ensileringsfolier

Rudolf Thøgersen, Nikolaj Hansen og Anne Mette Kjeldsen, SEGES HusdyrInnovation

Sammendrag

Effekten af tre forskellige kombinationer af ensileringsfolier på aerob stabilitet, fermenteringsprofil og pH blev testet i majsensilage fra 22 markstakke og plansiloer. De tre forskellige behandlinger (folietyper) omfattede Polydress® O₂ Barrier 2in1 kombifolie (80 µm polyethylen + 20 µm pylyamid), 2 lag Ultra Cover dækfolie (2 x 150 µm polyethylen) og Ultra Cover dækfolie + Polydress Elan 40 vakuumfolie (150 + 40 µm polyethylen), der alle var produceret af RKW Agri GmbH & Co, Tyskland. Behandlingerne blev fordelt på partierne af majsensilage ved lodtrækning. Ca. 2 og 7 måneder efter ensilering blev der udtaget prøve af majsensilagen fra 0 - 15 cm dybde og fra 15 cm dybde til ca. 10 cm fra bunden. Den øverste prøve blev skåret ud med kniv og den nederste prøve blev udtaget med eldrevet ensilagebor. Prøverne blev analyseret for aerob stabilitet, fermenteringsprofil og pH.

Majsensilagens aerobe stabilitet var højere i de nederste end i de øverste prøver ($P < 0,001$) og højere 7 end 2 måneder efter ensilering ($P < 0,05$), men der var ingen forskel mellem folietyper.

Koncentrationen af mælkesyre og eddikesyre var højest i de nederste prøver ($P < 0,001$ og $< 0,01$), mens der ingen forskel var i koncentrationen af mælkesyre og eddikesyre mellem 2 og 7 måneder efter ensilering. Tilsvarende var ensilagens pH lavest i de nederste prøver ($P < 0,001$), mens der ingen forskel var i pH mellem 2 og 7 måneder efter ensilering. Der var ingen forskelle i mælkesyre, eddikesyre, ethanol eller pH mellem folietyper. Forsøgsværter med markstak oplevede en arbejdslettelse ved brug af Polydress® O₂ Barrier 2in1 kombifolie. Valget af folietype til ensilering bør derfor afhænge af bl.a. pris, brugervenlighed, fysisk/kemiske egenskaber og hensyn til miljø.

Introduktion

Opbevaring af ensilage under så lufttætte forhold som muligt er stærkt afgørende for at opnå en god fermentering, en høj aerob stabilitet og dermed et minimalt tab af ensilagetørstof under opbevaring og udfodring. Normalt anvendes mindst to lag ensileringsfolie for at sikre en god beskyttelse af ensilagen og en lav iltgennemtrængelighed. Den mest almindelige praksis i Danmark er at bruge en såkaldt vakuum- eller underlagsfolie på kun 40 µm, der har til formål at smyge sig tæt langs ensilagen for at hindre horisontal transport af luft under folien. Over vakuumfolien anvendes mindst én dækfolie på 150 µm til at beskytte ensilagen og den underliggende vakuumfolie. I nogle tilfælde anvendes to lag dækfolie i stedet for en kombination af vakuum- og dækfolie.

Udviklingen af ensileringsfolier er i de seneste år gået i retning af tyndere folier og lavere iltgennemtrængelighed. Der er desuden udviklet en ny type ensileringsfolie, hvor vakuum- og dækfolien er limet sammen (Polydress® O₂ Barrier 2in1 kombifolie), så der kun skal anvendes ét lag ensileringsfolie. Denne folietype er væsentligt tyndere end de traditionelle folier og har desuden en lavere iltgennemtrængelighed. Dækfolien består af en 80 µm polyethylenfolie, mens vakuumfolien består af en 20 µm polyamidfolie, der har meget lav iltgennemtrængelighed. Ved kontakt med fugt fra afgrøden løsnes vakuumfolien fra dækfolien.

Ensileringfoliernes iltgennemtrængelighed er imidlertid generelt forbedret betydeligt over årene, og spørgsmålet er derfor, om den yderligere reduktion i iltgennemtrængeligheden for Polydress® O₂ Barrier 2in1 kombifolie har betydning for ensilagens aerobe stabilitet og fermentering.

Formålet med nærværende forsøg var at teste effekten af Polydress® O₂ Barrier 2in1 kombifolie i forhold til traditionelle folietyper på den aerobe stabilitet, fermenteringsprofil og pH i majsensilage. Testen er gennemført i et samarbejde med RKW Agri GmbH & Co. KG, Tyskland og DLA Agro a.m.b.a. Rådgivningsvirksomhederne Lemvigegnens Landboforening, Vestjysk Landboforening og LMO har ydet ekstern bistand til udpegning af testværter og udtagning af ensilageprøver.

Materialer og metoder

Testen omfattede følgende tre behandlinger:

- Polydress® O₂ Barrier 2in1 kombifolie bestående af 80 µm polyethylen + 20 µm polyamid folie (i alt 100 µm)
- 2 lag Ultra Cover dækfolie på 150 µm polyethylen (i alt 300 µm)
- Ultra Cover dækfolie på 150 µm polyethylen i kombination med Polydress Elan 40 vakuumfolie på 40 µm polyethylen (i alt 190 µm)

De testede folier var alle produceret af RKW Agri GmbH & Co, Rossbacher Weg 5, D-64720 Michelstadt, Tyskland. Foliernes tekniske egenskaber fremgår af tabel 1. Den nye folietype Polydress® O₂ Barrier 2in1 har ifølge tabel 1 en iltgennemtrængelighed på under 30 cm³/m²/24 timer. Ifølge oplysninger fra RKW (Personlig medd.) forventes kombinationen af Ultra Cover og Polydress Elan 40 at have en iltgennemtrængelighed på ca. 140 cm³/m²/24 timer, mens kombinationen af to lag Ultra Cover forventes at have en iltgennemtrængelighed på ca. 90 cm³/m²/24 timer. De tekniske egenskaber for Ultra Cover og Polydress Elan 40 vurderes at være typisk for henholdsvis dæk- og vakuumfolier på det danske marked.

Tabel 1. Tekniske specifikationer for de testede folier. Kilde: RKW Agri GmbH & Co. KG, Rossbacher Weg 5, D-64720 Michelstadt, Tyskland (2016).

Egenskab	Enhed	Polydress® O ₂ Barrier 2in1, Kombifolie, grøn/sort		Ultra Cover, sort	Polydress Elan 40	
		Dækfolie	Vakuumfolie	Dækfolie	Vakuumfolie	
Tykkelse	µm	80	20	150	40	
UV-stabilisering	MJ*m ⁻²	4200	4200	4200	-	
Kemisk modstand		Høj mod syre	Høj mod syre	Høj mod syre	Høj mod syre	
Rivestyrke	På langs	MPa	25	80	26	26
	På tværs	MPa	25	76	26	28
Brudstyrke	På langs	%	600	340	670	300
	På tværs	%	750	350	770	700
Trækstyrke	På langs	N/cm	20	16	39	11
	På tværs	N/cm	20	15	39	11
Dart drop	g	>> 900		600	130	
Ilt gennemtrængelighed	cm ³ /m ² /24 timer	< 30		180	940	

Forsøgsværter og majsensilage

De deltagende malkekvægbedrifter blev bl.a. udvalgt efter, at de havde en egnet markstak eller plansilo med majsensilage til testen, som ikke ville blive åbnet indenfor de første 7 – 8 måneder efter ensilering. Desuden skulle de være indstillet på at lade folietyper afhænge af lodtrækning. Endelig var det et krav, at de havde et godt management omkring ensilering og bl.a. anvendte silonet til beskyttelse af folien.

Det blev tilstræbt i testen at have 10 partier af majsensilage til hver folietype. Desværre lykkedes det ikke at finde mere end 25 egnede partier i alt. Det blev derfor prioriteret at have 10 partier for både Polydress® O₂ Barrier 2in1 kombifolie og dækfolie + vakuumfolie, mens der således kun blev 5 partier med 2 x dækfolie. Partierne blev blokket på folietyper efter, om der blev anvendt markstak eller plansilo. Herefter blev folietyperne fordelt ved lodtrækning.

Desværre blev tre stakke eller plansiloer ikke håndteret efter forskrifterne og måtte derfor tages ud af testen. Der indgik derfor i alt 22 partier af majsensilage i testen.

Udtagning af prøver

I forbindelse med ensilering blev der udtaget 10 delprøver af den friske majselsæd, der var jævnt fordelt over den tid, det tog at høste og indlægge afgrøden i stak eller silo. Delprøverne blev opbevaret i kølebokse med frosne køleelementer og hurtigst muligt transporteret til Kvægbrugets ForsøgsLaboratorium (KFL). Her blev delprøverne vejret og samlet til én prøve, der derefter blev neddelt efter keglemetoden og straks viderebehandlet eller frosset ned.

Ca. 2 og 7 måneder efter ensilering blev der udtaget prøve af majsensilagen fra 0 - 15 cm dybde og fra 15 cm dybde til ca. 10 cm fra bunden. Den øverste prøve blev skåret ud med kniv og den nederste prøve blev udtaget med eldrevet ensilagebor. Prøverne blev straks pakket i plastikposer og anbragt i kølebokse med frosne køleelementer. Samme dag blev prøverne transporteret til KFL i Skejby, hvor de blev neddelt sterilt efter keglemetoden til mindre delprøver, der straks blev viderebehandlet eller frosset ned.

Analysen

Tørstofindholdet i både de friske og de ensilerede prøver blev bestemt i tørreskab med luftcirkulation ved 60 °C i mindst 36 timer på KFL. Tørstofindholdet i de ensilerede prøver blev korrigeret for tab af flygtige fedtsyrer (VFA) som beskrevet af Åkerlind et al. (2011). Prøverne blev formalet på Cyclotec 1 mm sold og efterfølgende analyseret kemisk hos Eurofins Agro Testing Denmark A/S i Vejen for aske, råprotein, neutral detergent fiber (NDF), stivelse, sukker og in vitro fordøjelighed af organisk stof (IVOS). (Resultaterne er ikke omtalt i nærværende meddelelse).

På KFL blev fremstillet ekstrakter på basis af 100 g af ensilageprøverne, der blev analyseret for kortkædede fedtsyrer samt ethanol og propanol med HPLC hos Eurofins. Prøverne blev desuden analyseret for aerob stabilitet samt indhold af mælkesyre, eddikesyre, ethanol og propanol med NærInfrarødTransmission (NIT) på KFL. Ensilageprøverne vil senere blive analyseret for mikrobiologisk sammensætning (mælkesyrebakterier, enterobakterier, gær og skimmel).

Aerob stabilitet

Ensilageprøverne blev straks efter neddeling inkuberet i en 1,5-L spand (ca. 500 g) med en temperaturprobe placeret i midten af prøven. Spanden blev placeret i inkubationsskab (KB 8400, Termaks A/S) ved en konstant referencetemperatur på 20 °C. Ensilagens temperatur blev logget kontinuerligt, og den aerobe stabilitet blev angivet som tiden målt i timer, det tog for temperaturen at stige 2,5° C over referencetemperaturen. Ensilager, der var stabile i mere end ca. 160 timer, blev taget ud og sat til en aerob stabilitet på det tidspunkt, som de var taget ud på (161-164 timer).

Statistisk analyse

Før de egentlige statistiske analyser blev fordelingen af analyseværdierne undersøgt, og unormale værdier blev tjekket. To prøver blev ikke medtaget i den statistiske analyse pga. meget afvigende tørstofindhold og pH. Den ene af prøverne var en prøve fra toppen, der var påvirket af huller i plastikken pga. fugle, og den anden prøve var fra bunden og havde et usædvanlig lavt tørstofindhold. I ét parti var der en forholdsvis høj værdi af ethanol. Den statistiske analyse blev derfor foretaget både med og uden denne prøve. I alt indgik 82 ud af 86 indsamlede prøver i den statistiske analyse af fermenteringsprofil og pH. I den statistiske analyse af aerob stabilitet indgik 83 prøver i testen.

Stort set alle målinger af smørsyre og propionsyre var under detektionsgrænsen, og der blev derfor ikke lavet statistiske analyser af disse. Kun i 10 prøver var koncentrationen af propanol over detektionsgrænsen. Disse prøver blev inddelt i to grupper henholdsvis under og over 1,5 g propanol pr. kg tørstof. En simpel test for sammenhæng (Fishers-Exact-test) viste ingen signifikant sammenhæng mellem koncentrationen af propanol og folietype. Pga. den lave forekomst af propanol blev der derudover ikke lavet yderligere statistiske analyser.

Data blev analyseret i følgende model:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_1(\text{Behandling}_{ijk}) + \alpha_2(\text{Prøvetype}_{ijk}) + \alpha_3(\text{Periode}_{ijk}) + \alpha_4(\text{Tørstof}_{ijk}) + \alpha_5(\text{Behandling} * \text{Prøvetype}_{ijk}) + \alpha_6(\text{Parti}_{ijk}) + \alpha_7(\text{Parti (Periode)}_{ijk}) + \varepsilon_{ijk}, (1)$$

hvor:

Y_{ijk} står for responset for det i 'te parti, fra den j 'te periode og den k 'te-prøve,

α_1 = Effekten af behandling (Kombifolie, dæk- og vakuumfolie og 2 x dækfolie),

α_2 = Effekten af prøvetype (øverste, nederste prøve),

α_3 = Effekten af periode (2 og 7 måneder),

α_4 = Lineær effekt af ensilagens tørstofindhold,

α_5 = Vekselvirkning mellem behandling og periode,

α_6 = Effekt af i 'te parti – tilfældig effekt ($\alpha_7 \sim N(0, \sigma_i)$),

α_7 = Effekt af j 'te runde indenfor parti – tilfældig effekt ($\alpha_7 \sim N(0, \sigma_j)$) og

ε_{ijk} = Den tilfældige variation for det i 'te parti, fra den j 'te periode og den k 'te-prøve ($\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma_{ijk})$),

Modellerne blev analyseret ved brug af Proc MIXED i SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC).

Resultater og diskussion

I tabel 2 er vist det endelige antal partier i testen fordelt på folietyper og tidspunkt for prøveudtagning.

Tabel 2. Antal partier af majsensilage i testen fordelt på folietyper og prøveudtagningstidspunkt.

Folietyper og kombinationer	Kombifolie, (Polydress O ₂ Barrier 2in1) (80 + 20 = 100 µm)	2 x dækfolie, (2 x Ultra Cover) (2 x 150 = 300 µm)	Dæk- og vakuumfolie, (Ultra Cover + Elan 40) (150 + 40 = 190 µm)	I alt
2 mdr. efter ensilering	8	5	9	22
7 mdr. efter ensilering	7	5	9	21

Resultaterne af testen fremgår af tabel 3, hvor mindste kvadraters gennemsnit og P-værdier er vist for behandling (folietype), prøvetype (øverste eller nederste prøve) og periode for prøveudtagning (2 eller 7 måneder efter ensilering).

Der var ingen forskel i majsensilagens tørstofindhold mellem behandlinger (Resultater ikke vist). Majsensilagens aerobe stabilitet var højere i de nederste end i de øverste prøver ($P < 0,001$) og højere 7 end 2 måneder efter ensilering ($P = < 0,05$), mens der ingen forskel var mellem folietyper ($P = 0,82$).

Der var ingen forskelle i mælkesyre, eddikesyre, ethanol eller pH mellem folietyper.

Koncentrationen af mælkesyre og eddikesyre var højest i de nederste prøver ($P < 0,001$ og $< 0,01$), mens der ingen forskel var i koncentrationen af mælkesyre og eddikesyre mellem 2 og 7 måneder efter ensilering ($P = 0,57$ og $P = 0,09$). Tilsvarende var ensilagens pH lavest i de nederste prøver ($P < 0,001$), mens der ingen forskel var i pH mellem 2 og 7 måneder efter ensilering ($P = 0,09$). Der var ingen forskelle i koncentrationen af ethanol mellem de øverste og de nederste prøver ($P = 0,11$) eller mellem 2 og 7 måneder efter ensilering ($P = 0,24$). Vekselvirkningen mellem behandling og prøvetype var ikke signifikant og blev derfor taget ud af den endelige model.

Tabel 3. Mindste kvadraters gennemsnit og P-værdier for aerob stabilitet, fermenteringsprofil og pH i forhold til behandling, prøvetype og periode.

	Behandling (folietype)			Prøvetype		Periode		P-værdi		
	Kombi- folie	2 x dæk- folie	Dæk- og vakuum- folie	Øver- ste prøve	Neder- ste prøve	2 mdr. efter ensil.	7 mdr. efter ensil.	Folie- type	Prøve- type	Peri- ode
Aerob stabilitet, timer	54	64	51	41	72	48	65	0,82	<0,001	<0,05
Mælkesyre, g/kg TS	44,5	46,5	49,7	39,3	54,5	47,5	46,3	0,14	<0,001	0,57
Eddikesyre, g/kg TS	14,4	14,5	14,5	13,1	15,8	13,6	15,3	1,00	<0,01	0,09
Ethanol, g/kg TS	11,6	11,4	13,7	13,1	11,4	12,9	11,5	0,24	0,11	0,24
pH	3,80	3,76	3,74	3,82	3,71	3,78	3,75	0,16	<0,001	0,09

Data blev desuden testet med en mere kompliceret model, der indeholdt højde af ensilagen og tørstof² samt en række vekselvirkninger, men i ingen af analyserne var der signifikante effekter af folietype.

Behandlingerne blev desuden testet ved at undersøge, om der var forskel mellem folietyper i differencen mellem den nederste og den øverste prøve. Den statistiske test blev gennemført både med og uden højde, men ingen af analyserne gav signifikante effekter af folietype.

Nærværende test viste således ingen signifikante effekter af folietype på aerob stabilitet, fermenteringsprofil eller pH.

Wilkinson & Fenlon (2013) sammenlignede i en metaanalyse effekten af standard polyethylenfolier og iltbarriefolier på aerob stabilitet og tab under opbevaring for forskellige typer ensilage. Den aerobe stabilitet var i gennemsnit 75 timer for ensilage dækket med standard polyethylenfolie og 135 timer for ensilage, hvor der var anvendt iltbarriefolier. Tilsvarende blev der fundet tab på 19,5 pct, i de øverste 10 – 60 cm af ensilagen for standardfolier og 11,4 pct. for iltbarriefolier. Metaanalysen dokumenterer, at foliernes egenskaber for iltgennemtrængelighed har stor betydning for ensilagens aerobe stabilitet og tab i opbevaringsperioden.

Den gennemsnitlige iltgennemtrængelighed for standardfolierne (125 µm) var imidlertid 1811 cm³/m²/24 timer, mens den for iltbarriefolierne varierede fra 9 til 846 cm³/m²/24 timer. Standardfolierne i metaanalysen havde således væsentlig højere iltgennemtrængelighed end i nærværende undersøgelse.

Den praktiske anvendelse

Forsøgsværterne med markstakke var generelt godt tilfredse med Polydress® O₂ Barrier 2in1 kombifolien, fordi den gav en arbejdslettelse i forhold til at anvende to lag folier. Forsøgsværterne med plansiloer var mere skeptiske, fordi anvendelsen af Polydress® O₂ Barrier 2in1 kombifolie kræver, at sidefolierne ikke er for brede. Det var således nødvendigt at skære sidefolierne til inden tildækning.

Den tyndere Polydress® O₂ Barrier 2in1 kombifolie kræver et betydeligt mindre materialeforbrug i produktionen, hvilket kan have en miljømæssig betydning.

Konklusion

Testen af tre forskellige kombinationer af ensileringsfolier i majsensilage viste ingen forskelle i aerob stabilitet, fermenteringsprofil eller pH.

Forsøgsværter med markstakke oplevede, at Polydress® O₂ Barrier 2in1 kombifolien gav en arbejdslettelse i forhold til at anvende to lag folier. Anvendelsen af kombifolie i plansilo kræver tilpasning i form af smallere sidefolier.

Valget af folietype til ensilering bør derfor afhænge af bl.a. pris, brugervenlighed, fysisk/kemiske egenskaber og hensyn til miljø. På sigt forventes tyndere folier med lav iltgennemtrængelighed at få større udbredelse frem for de nuværende traditionelle typer på grund af hensyn til miljø og brugervenlighed.

Referencer

Wilkinson, J.M. & Fenlon, J.S. 2013. A meta-analysis comparing standard polyethylene and oxygen barrier film in terms of losses during storage and aerobic stability of silage. *Grass and Forage Science* 69, 385 -392.