



## 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® O<sub>2</sub> Barrier 2in1 kombifolie (80 µm polyethylen + 20 µm polyamid), 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® O<sub>2</sub> 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 smyg 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® O<sub>2</sub> 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.

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

Formålet med nærværende forsøg var at teste effekten af Polydress® O<sub>2</sub> 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® O<sub>2</sub> 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® O<sub>2</sub> Barrier 2in1 har ifølge tabel 1 en iltgennemtrængelighed på under 30 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/24 timer. Ifølge oplysninger fra RKW (Personlig medd.) forventes kombinationen af Ultra Cover og Polydress Elan 40 at have en iltgennemtrængelighed på ca. 140 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/24 timer, mens kombinationen af to lag Ultra Cover forventes at have en iltgennemtrængelighed på ca. 90 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/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®<br>O <sub>2</sub> Barrier 2in1,<br>Kombifolie, grøn/sort |              | Ultra Cover,<br>sort | Polydress<br>Elan 40 |
|------------------------|----------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------|----------------------|
|                        |          |                                           | Dækfolie                                                            | Vakuumfolie  | Dækfolie             | Vakuumfolie          |
| Tykkelse               |          | µm                                        | 80                                                                  | 20           | 150                  | 40                   |
| UV-stabilisering       |          | MJ*m <sup>-2</sup>                        | 4200                                                                | 4200         | 4200                 | -                    |
| Kemisk modstand        |          |                                           | Høj mod<br>syre                                                     | Høj mod syre | Høj mod<br>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 <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /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 folietypen 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® O<sub>2</sub> Barrier 2in1 kombifolie og dækfolie + vakuumfolie, mens der således kun blev 5 partier med 2 x dækfolie. Partiernes 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 majshelsæd, 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.

#### *Analyser*

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 korigeret 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:

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

hvor:

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

$\alpha_1$  = Effekten af behandling (Kombifolie, dæk- og vakuumfolie og 2 x dækfolie),

$\alpha_2$  = Effekten af prøvetype (øverste, nederste prøve),

$\alpha_3$  = Effekten af periode (2 og 7 måneder),

$\alpha_4$  = Lineær effekt af ensilagens tørstofindhold,

$\alpha_5$  = Vekselvirkning mellem behandling og periode,

$\alpha_6$  = Effekt af  $i$ 'te parti – tilfældig effekt ( $\alpha_7 \sim N(0, \sigma_i)$ ),

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

$\varepsilon_{ijk}$  = 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,<br>(Polydress O <sub>2</sub> Barrier<br>2in1)<br>(80 + 20 = 100 µm) | 2 x dækfolie,<br>(2 x Ultra Cover)<br>(2 x 150 = 300 µm) | Dæk- og vakuumfolie,<br>(Ultra Cover + Elan 40)<br>(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 | Øverste prøve | Nederste prøve | 2 mdr. efter ensil. | 7 mdr. efter ensil. | Folie-type | Prøve-type | Periode |
| 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 tørstof<sup>2</sup> 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 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/24 timer, mens den for iltbarriefolierne varierede fra 9 til 846 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/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® O<sub>2</sub> 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® O<sub>2</sub> Barrier 2in1 kombifolie kræver, at sidefolierne ikke er for brede. Det var således nødvendigt at skære sidefolierne til inden tildækning.

Den tyndere Polydress® O<sub>2</sub> 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® O<sub>2</sub> 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.