

# Stabilisering af TMR-fuldfoder på foderbordet

Forfattere: Henrik Kviesgaard, Anne Mette Kjeldsen og Henrik Martinussen, SEGES Innovation P/S

STØTTET AF

**Mælke**afgiftsfonden

## Sammendrag

Formålet med undersøgelsen var at vurdere, om tilsætning af tørsyreprodukter kan forbedre den aerobe stabilitet af TMR-fuldfoder under forhold, der efterligner opvarmning på foderbordet. Effekten af FreshFoss Premium og Heat Stop blev undersøgt i et laboratorieforsøg med fuldfoder fra tre besætninger. Foderprøverne blev enten behandlet med ét af de to produkter eller anvendt som ubehandlet kontrol, hvorefter temperaturudviklingen blev fulgt kontinuerligt under kontrollerede forhold. Hændelsesanalysen viste en signifikant behandlingseffekt på tiden, indtil temperaturen steg 2,5 °C over minimumstemperaturen ( $P=0,001$ ). FreshFoss Premium gav en signifikant langsommere temperaturstigning end kontrolbehandlingen (hazard ratio 0,049;  $P=0,008$ ). Heat Stop viste samme retning i effekten (hazard ratio 0,237;  $P=0,079$ ), men forskellen til kontrol var ikke statistisk signifikant ved det anvendte signifikansniveau ved fuldt datasæt. Undlades uforklarlige data (besætning C, uge 46) er der ligeledes en statistisk signifikant forskel mellem Heat Stop og kontrol (hazard ratio 0,045;  $P=0,017$ ). Der blev ikke fundet en sikker forskel mellem FreshFoss Premium og Heat Stop.

Samlet indikerer forsøget, at tørsyreprodukter kan bidrage til at forsinke opvarmning af fuldfoder og dermed forbedre den aerobe stabilitet. Resultaterne bør dog tolkes med forbehold for det relativt begrænsede antal observationer, variation mellem besætninger og enkelte observationer med stor indflydelse på de statistiske estimater.

## Introduktion

Under ensileringsprocessen omdannes opløselige kulhydrater i ensilagen primært til organiske syrer, især mælkesyre, som medvirker til at sænke pH og konservere foderet. En god sammenpresning og tæt tildækning begrænser iltadgangen og hæmmer vækst af aerobe bakterier, gær og skimmelsvampe.

Når de iltfrie forhold brydes, eksempelvis ved udtagning, blanding og udfodring, får aerobe mikroorganismer igen adgang til ilt. Hvis der samtidig er tilstrækkelig fugt, næring og temperatur, kan mikroorganismerne omsætte let tilgængelige næringsstoffer. Det kan give varmeudvikling, stigende pH, forringet smag og lugt samt øget risiko for synlig skimmelvækst. I praksis ses problemet især i perioder med varmt vejr, høj luftfugtighed eller ved fuldfoderblandinger, som ligger længe på foderbordet.

Styrkelse af foderkvaliteten på foderbordet handler derfor om at begrænse den aerobe omsætning efter blanding. Stabiliseringsmidler, herunder tørsyreprodukter, anvendes med det formål at hæmme den mikrobielle aktivitet og dermed forsinke opvarmning. Denne rapport beskriver en laboratorietest af FreshFoss Premium og Heat Stop anvendt i samme dosering i TMR-fuldfoder.

## Formål

Formålet var at undersøge, om FreshFoss Premium og Heat Stop kunne forsinke opvarmning af TMR-fuldfoder sammenlignet med ubehandlet kontrolfoder. Den primære responsvariabel var tid til en temperaturstigning på 2,5 °C over den laveste registrerede temperatur i prøven. Temperatur efter 12, 24 og 48 timer blev anvendt som supplerende mål for temperaturudviklingen.

## Materialer og metoder

Testen blev udført på Kvægbrugets Forsøgslaboratorium i efteråret 2025. Forsøget blev gennemført i uge 43, 45 og 46. Den statistiske analyse omfatter de forsøgsuger, hvor FreshFoss Premium, Heat Stop og kontrol indgik samtidigt. Det endelige analysegrundlag var 27 observationer svarende til tre besætninger, tre forsøgsuger og tre behandlinger.

### Forsøgsdesign og foderprøver

Hver uge blev der indhentet fuldfoderblandinger fra tre besætninger, som deltog i projektet Kvælstofeffektiv mælkeproduktion. Sammensætningen af fuldfoderblandingerne var kendt, og der blev udtaget NIR-analyse ved modtagelse. Fuldfoderblandingerne indeholdt ikke tilsatte stabiliseringsmidler. Prøverne var på minimum 6-8 kg, og der blev ikke tilsat vand før blanding eller inkubation.

**Tabel 1. Behandlinger og dosering anvendt i forsøget.**

Behandling	Forkortelse	Dosering	Bemærkning
Kontrol	Kontrol	0 kg/ton TMR	Fuldfoder uden stabiliseringsmiddel, men med samme blandetid som behandlede prøver.
FreshFoss Premium	FF	1,25 kg/ton TMR	Middeldosering inden for anbefalet interval.
Heat Stop	HS	1,25 kg/ton TMR	Anvendt i samme dosering som FreshFoss Premium efter ønske fra forhandler.

### Blanding og inkubation

Fuldfoderet blev genblandet i en horisontal laboratorieblender med to snegle i over/under-konfiguration. Sneglene havde en diameter på 135 mm og en længde på 500 mm. Blandekarret målte 140 mm i bredden i bunden og 240 mm i toppen. Blandehastigheden var ca. 50 omdrejninger pr. minut, og hver blanding blev blandet i 10 minutter.

Stabiliseringsmidlerne blev afvejet separat i 100 ml bægre og fordelt over foderet i blanderen. Kontrolblandinger blev ligeledes blandet i 10 minutter, så alle prøver havde samme mekaniske håndtering. Efter blanding blev foderet neddelt efter keglemetoden, så delprøverne blev så ensartede som muligt.

Til temperaturmåling blev foderet placeret i 2.000 ml bøtter. Bøtterne blev cirka halvt fyldt med let presset foder, hvorefter temperaturføleren blev placeret centralt i prøven og dækket med let presset foder, indtil bøtten var fuld. Bøtterne blev lukket med ikke-tætssluttende låg og placeret i et stående varmeskab ved 20 °C med en variation på ca. ±1 °C.

### Temperaturmåling og datagrundlag

Temperaturen i både varmeskab og foderprøver blev logget kontinuerligt hvert 60. sekund i den efterfølgende uge. Til de statistiske analyser blev kun temperaturdata fra de første 48 timer efter

indsættelse i varmeskabet anvendt. Data fra de første 10 minutter blev udeladt for at undgå påvirkning fra håndtering og temperaturudligning umiddelbart efter opstart.

Den primære variabel var tid til temperaturstigning på 2,5 °C over minimumstemperaturen. Dette mål er relevant, fordi det beskriver, hvor hurtigt foderet begynder at tage varme efter den indledende temperaturudligning.

## Statistisk analyse

Temperatur efter 12, 24 og 48 timer samt tid til temperaturstigning på 2,5 °C over minimum blev analyseret med normale lineære modeller. De forklarende variable var besætning, middel og uge samt alle tofaktor-vekselvirkninger.

Tid til temperaturstigning på 2,5 °C over minimum blev desuden analyseret med Cox proportional hazards-model (hændelsesanalyse) med besætning og middel som forklarende variable. Denne analyse er den mest relevante for den primære responsvariabel, fordi nogle prøver enten opvarmes sent eller ikke når hændelsen inden for den valgte observationsperiode.

Ved sammenligning af behandlinger blev der beregnet estimerede marginale middelværdier. Det betyder, at behandlinger blev sammenlignet efter justering for de øvrige faktorer i modellen. Resultaterne blev vist med bogstavgrupperinger, hvor behandlinger med forskellige bogstaver adskiller sig statistisk fra hinanden. For analysen af tid til temperaturstigning blev der desuden beregnet hazard ratioer for de parvise sammenligninger mellem behandlinger. Hazard ratioerne beskriver den relative hastighed, hvormed temperaturen steg 2,5 °C over minimum i de forskellige behandlinger.

### Fortolkning af hazard ratio

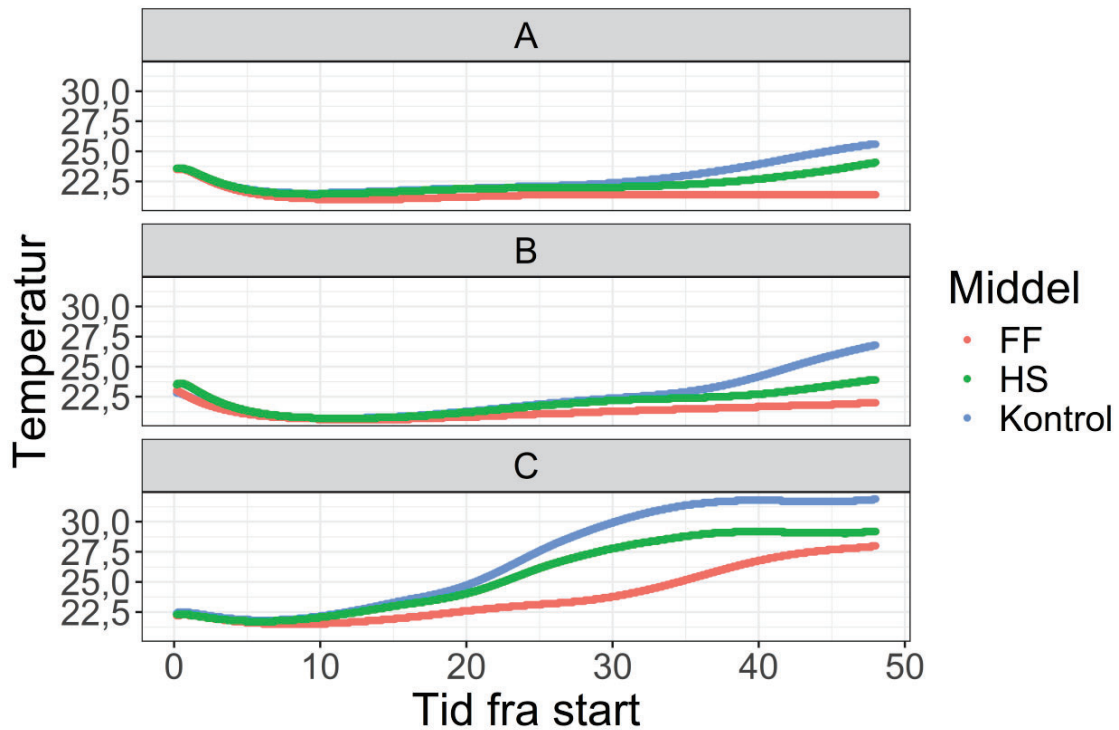
I denne analyse er hændelsen, at temperaturen er steget 2,5 °C over minimum. En hazard ratio under 1 betyder, at hændelsen indtræffer langsommere end i referencegruppen. En hazard ratio over 1 betyder, at hændelsen indtræffer hurtigere. Hazard ratioen beskriver altså hastigheden frem mod opvarmning - ikke den absolutte temperatur i prøven.

## Resultater

### Temperaturforløb

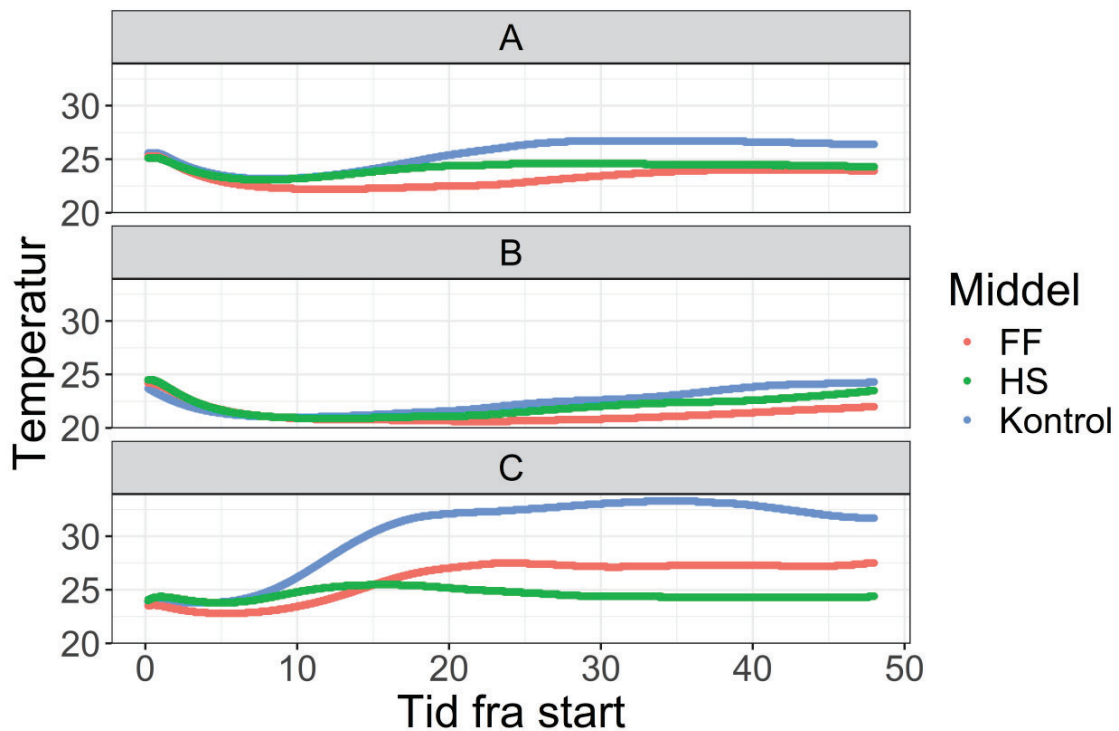
Figur 1-3 viser temperaturforløbet for fuldfoder fra de tre besætninger i henholdsvis uge 43, uge 45 og uge 46. Figurerne illustrerer, at kontrolprøverne generelt steg hurtigere i temperatur end de behandlede prøver, og at foder fra besætning C havde et tydeligt kraftigere opvarmningsforløb end foder fra besætning A og B.

## Effekt af middel i uge 43



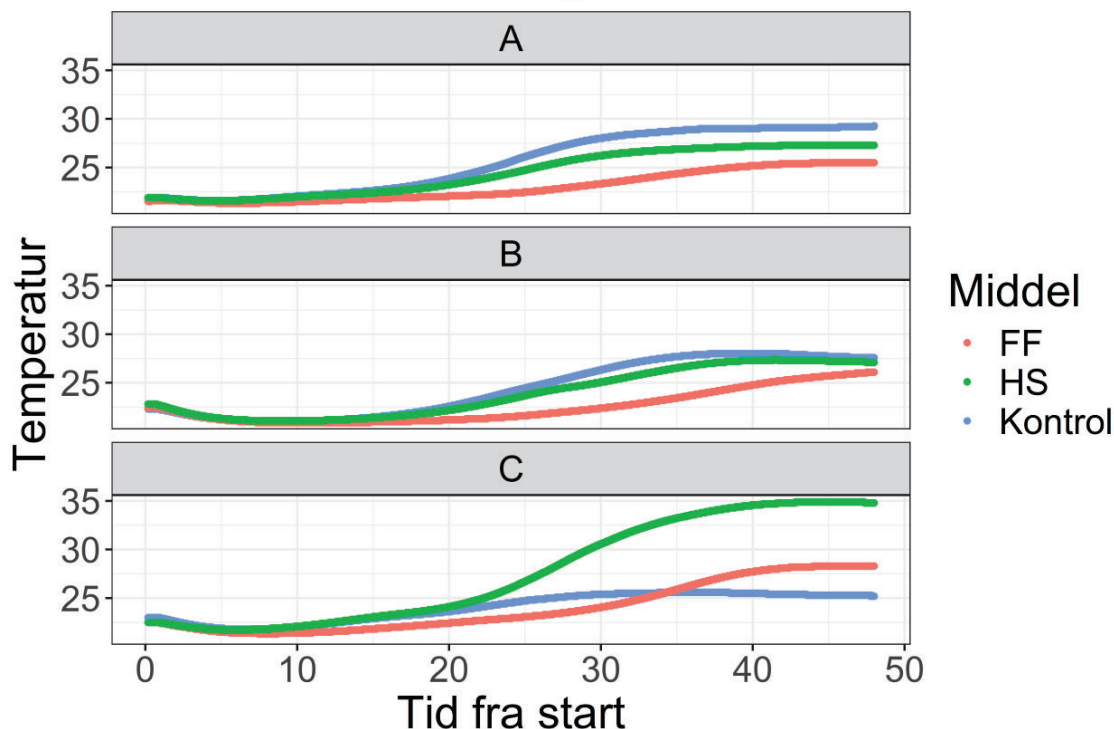
Figur 1. Temperaturforløb for fuldfoderprøver fra besætning A, B og C i uge 43. FF = FreshFoss Premium, HS = Heat Stop. Figuren viser udviklingen de første 48 timer efter opstart.

## Effekt af middel i uge 45



Figur 2. Temperaturforløb for fuldfoderprøver fra besætning A, B og C i uge 45. FF = FreshFoss Premium, HS = Heat Stop. Figuren viser udviklingen de første 48 timer efter opstart.

## Effekt af middel i uge 46



Figur 3. Temperaturforløb for fuldfoederprøver fra besætning A, B og C i uge 46. FF = FreshFoss Premium, HS = Heat Stop. Figuren viser udviklingen de første 48 timer efter opstart.

### Effekt af stabiliseringsmiddel

Hændelsesanalysen viste en signifikant samlet effekt af behandling på tiden til temperaturstigning på 2,5 °C over minimumstemperaturen. Det betyder, at de tre behandlingsgrupper ikke havde samme opvarmingshastighed.

De parvise sammenligninger viste, at FreshFoss Premium gav en signifikant lavere hastighed for opvarmning end kontrolbehandlingen. Hazard ratioen for FreshFoss Premium i forhold til kontrol var 0,049, hvilket svarer til, at opvarmningen indtraf markant langsommere i de FreshFoss-behandlede prøver end i kontrolprøverne. Heat Stop havde en hazard ratio på 0,237 i forhold til kontrol og viste dermed samme retning i effekten, men P-værdien på 0,079 lå over det traditionelle 5 pct. signifikansniveau. Forskellen mellem FreshFoss Premium og Heat Stop var ikke statistisk signifikant.

Tabel 2. Hazard ratioer for parvise sammenligninger mellem FreshFoss Premium, Heat Stop og kontrol.

Sammenligning	Hazard ratio	SE	P-værdi	95 % CI
FF / Kontrol	0,049	0,050	0,008	0,005-0,524
HS / Kontrol	0,237	0,158	0,079	0,049-1,133

Da resultaterne fra besætning C i uge 46, så afvigende ud (se figur 3). Blev data analyseret både med fuldt datasæt (vist i tabel 2) og uden observationerne fra denne besætning. Resultater fra analysen af det reducerede datasæt (uden besætning C i uge 46), er vist i tabel 3.

**Tabel 3. Hazard ratioer for parvise sammenligninger mellem FreshFoss Premium, Heat Stop og kontrol. (reduceret datasæt)**

Sammenligning	Hazard ratio	SE	P-værdi	95 % CI
FF / Kontrol	0,019	0,007	0,001	0,001-0,401
HS / Kontrol	0,045	0,051	0,017	0,003-0,645

Analysen af det reducerede datasæt viser, at både FreshFoss Premium og Heat Stop forsinkede temperaturstigningen signifikant sammenlignet med ubehandlet fuldfoder. For FreshFoss Premium var hazard ratioen i forhold til kontrol 0,019 (P=0,007), mens hazard ratioen for Heat Stop i forhold til kontrol var 0,045 (P=0,017). Da en hazard ratio under 1 betyder, at temperaturstigningen sker langsommere end i referencegruppen, viser resultaterne, at begge produkter forbedrede den aerobe stabilitet markant i forhold til kontrolbehandlingen.

Der var ikke signifikant forskel mellem FreshFoss Premium og Heat Stop i både det fulde og det reducerede datasæt. Det betyder, at der ikke er statistisk grundlag for at konkludere, at det ene produkt virkede bedre end det andet, selv om FreshFoss Premium numerisk havde en lavere hazard ratio.

Samlet set understøtter det reducerede datasæt, at tilsætning af både FreshFoss Premium og Heat Stop kan forsinke opvarmning af fuldfoder under de anvendte forsøgsbetingelser. Sammenlignet med analysen af det fulde datasæt fremstår effekten af Heat Stop tydeligere i det reducerede datasæt, hvor forskellen til kontrol er statistisk signifikant. Resultaterne bør dog fortsat tolkes med forbehold for det begrænsede antal observationer og den variation, der kan være mellem besætninger og forsøgsuger.

### Temperatur efter 12, 24 og 48 timer

Opgørelse af temperaturstigning på faste tidspunkter understøttede billedet fra hændelsesanalysen. Efter 12 og 24 timer var der en signifikant behandlingseffekt, hvor kontrolprøverne lå højest og FreshFoss Premium lavest. Efter 48 timer var forskellen mellem behandlingerne ikke længere statistisk sikker i den lineære model (P=0,062), men rangeringen var fortsat den samme.

**Tabel 4. Estimerede marginale middelværdier for temperatur og tid til temperaturstigning. Værdier i kantede parenteser angiver konfidensinterval; forskellige bogstaver angiver signifikant forskel inden for række.**

Parameter	Antal	P-værdi	FF	HS	Kontrol
Temperatur efter 12 timer, °C	27	0,013	21,6 a	22,2 ab	22,6 b
Temperatur efter 24 timer, °C	27	0,024	22,6 a	23,7 ab	25,1 b
Temperatur efter 48 timer, °C	27	0,062	25,0 a	26,5 a	27,6 a

### Effekt af besætning

Der var også en signifikant effekt af besætning på tiden til temperaturstigning (P=0,016). Det viser, at udgangsmaterialet havde betydning for, hvor hurtigt fuldfoderet tog varme. Foder fra besætning C havde generelt en hurtigere temperaturstigning end foder fra besætning A og B. Det er praktisk relevant, fordi effekten af stabiliseringsmidler i fuldfoder ikke alene afhænger af produktet, men også af fodermidlernes sammensætning, hygiejniske kvalitet og mikrobielle belastning før udfodring.

**Tabel 5. Supplerende opgørelse af besætningseffekt. Temperatur efter 12 timer er ikke vist, da der var en signifikant vekselvirkning mellem uge og besætning.**

Parameter	Antal	P-værdi	Besætning A	Besætning B	Besætning C
Temperatur efter 24 timer, °C	27	0,000	23,5 a	21,9 a	26,0 b
Temperatur efter 48 timer, °C	27	0,001	25,3 a	24,8 a	29,0 b

## Diskussion

Resultaterne peger samlet på, at stabilisering af TMR-fuldfoder med tørsyreprodukter kan forsinke opvarmningen efter blanding. Den tydeligste statistiske effekt blev fundet for FreshFoss Premium, hvor opvarmningen skete signifikant langsommere end i kontrolprøverne. Heat Stop viste samme retning, men usikkerheden omkring estimatet var større, og forskellen til kontrol var ikke signifikant i det foreliggende datasæt.

Den manglende statistiske forskel mellem FreshFoss Premium og Heat Stop bør ikke tolkes som dokumentation for, at produkterne har identisk effekt. Datagrundlaget er begrænset, og konfidensintervallerne er brede. Resultatet betyder mere præcist, at forsøget ikke gav tilstrækkeligt grundlag til at påvise en sikker forskel mellem de to produkter.

Besætningseffekten viser, at fuldfoderets udgangspunkt har stor betydning for opvarmningsforløbet. Det kan blandt andet afspejle forskelle i ensilagerens aerobe stabilitet, tørstofprocent, indhold af let omsættelige næringsstoffer, gær- og skimmelbelastning samt den samlede sammensætning af TMR-blandingen. I praksis bør vurdering af behovet for stabiliseringsmiddel derfor tage udgangspunkt i den konkrete foderblanding og de faktiske problemer på foderbordet.

Der blev observeret synlig mug i nogle prøver. Denne observation understøtter den praktiske relevans af at arbejde med aerob stabilitet, men den blev ikke opgjort som et selvstændigt kvantitativt effektmål. En fremtidig test kunne med fordel kombinere temperaturmålinger med mikrobiologiske analyser, registrering af synlig skimmelvækst, pH og eventuelt tab af let omsættelige næringsstoffer.

Forsøget er udført under kontrollerede laboratorieforhold. Det giver god mulighed for at sammenligne behandlinger, men forholdene afviger fra praksis, hvor foderets lagtykkelse, opblanding, foderbordshygiejne, udfodringshyppighed, klima og køernes sortering kan påvirke resultatet. Resultaterne bør derfor bruges som dokumentation for effektretning og relativ stabilisering under kontrollerede forhold, mens den praktiske effekt i den enkelte besætning fortsat bør vurderes ud fra lokale forhold.

## Konklusion

Undersøgelsen viste en signifikant effekt af behandling på tiden til temperaturstigning på 2,5 °C over minimumstemperaturen i TMR-fuldfoder. FreshFoss Premium forsinkede opvarmningen signifikant sammenlignet med ubehandlet kontrolfoder. Heat Stop viste samme retning i effekten, men forskellen til kontrol var ikke statistisk sikker i dette forsøg. Der blev ikke påvist en signifikant forskel mellem FreshFoss Premium og Heat Stop.

Resultaterne indikerer, at anvendelse af tørsyre kan bidrage til at forbedre den aerobe stabilitet af TMR-fuldfoder på foderbordet. Effekten skal dog vurderes i sammenhæng med foderblandingsens udgangspunkt, da der var tydelig variation mellem besætninger. På grund af det begrænsede antal observationer bør konklusionen betragtes som en fagligt begrundet indikation frem for en fuldt dækkende dokumentation af effekt under alle praktiske forhold.