

Korrekt dosering av flytande diskmedel – en förutsättning för fullgod disk och mjölk kvalitet

Martin Sundberg, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

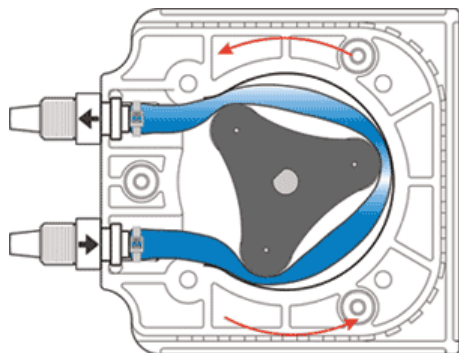
Mats Gyllenswärd, Konsult mjölk kvalitetsfrågor

Bakgrund

En väl fungerande disk är en förutsättning för att mjolkproducenter ska kunna leverera mjolk av god bakteriologisk kvalitet. Detta innebär att kvarvarande mjölkrester måste avlägsnas i alla delar av mjölkanläggningen. Graden av renhet efter disk påverkas av följande fyra samverkande faktorer (Stanga, 2010):

- Temperatur
- Mekanisk effekt av vätskan (turbulens)
- Kemisk effekt av diskmedlet
- Disktid

Korrekt dosering av diskmedel är en liten detalj i komplexet diskning som ändå är av mycket stor betydelse för anläggningens renhet efter disk. Idag är flytande diskmedel i särklass vanligast, och i automatiska mjölkningssystem (AMS) det enda alternativet. Doseringen av flytande diskmedel sker idag nästan uteslutande automatiskt med peristaltiska pumpar (slangpumpar) i diskautomaten. Slangpumpen är en enkel och billig pump som transporterar vätska genom att en rotor med ett antal perifera rullar pressar ihop en böjlig slang som innehåller den vätska som ska pumpas, figur 1. När pumpmotorn roterar tvingas vätskan genom slangens på mekanisk väg.



Figur 1. Peristaltisk pump med tre rullar.

På grund av att slangens slits, både mekaniskt och kemiskt, behöver den bytas regelbundet för att doseringen ska förbli korrekt. I automater för gårdsdisk styrs doseringen av diskmedel genom att ställa in gångtiden för pumpen. Detta är ett indirekt sätt att styra doseringen eftersom den mängd som pumpen verkligen ger varken mäts eller vägs. Någon varning eller information om en eventuell felaktig dosering ges därför inte så länge diskmedelpumpen roterar den tid som ställts in. Dock har nu teknik börjat introduceras, där man genom att mäta disklösningens konduktivitet kan få en uppfattning om diskmedelkoncentrationen. De praktiska erfarenheterna av detta system är ännu mycket begränsade. I Finland rekommenderas att den mängd som diskmedelpumpen doserar ska kontrolleras 3-4 gånger per år och alltid vid byte av diskmedel (MTT, 2005).

Under 1970- och 80-talet kom diskautomater som ersatte den helmanuella disken av mjölkttankar och mjölkkningsanläggningar. Diskmedel doserades i diskmedelsfack innan start av disken och diskmedlen var i huvudsak kloralkaliska pulverdiskmedel i kombination med en syradisk i veckan. Med tiden automatiseras även diskmedelsdoseringen genom att använda flytande diskmedel, samtidigt som växeldisk med syra-bas började användas alltmer.

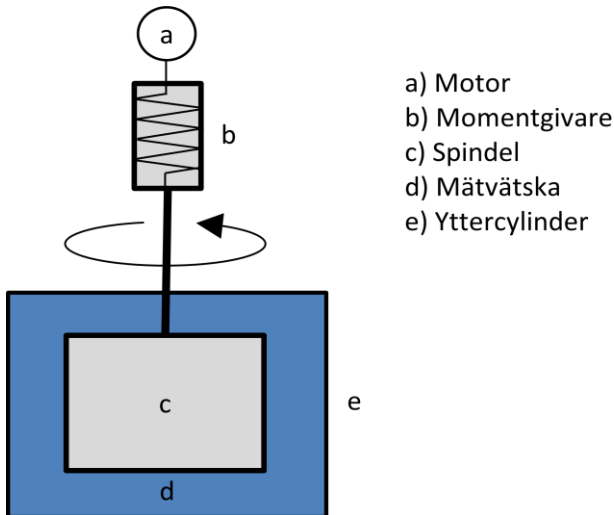
De alkaliska diskmedlen var oftast kloralkaliska. Av miljöskäl började emellertid användningen av klor i slutet av 1900-talet ifrågasättas och mjölkleverantörer som var Sigill- och Kravgodkända fick inte använda kloralkaliska diskmedel. De klorbaserade flytande diskmedlen började därför fasa ut mot klorfria diskmedel. En fördel med klor är att man klarar av att diska rent även vid varierande och relativt låga temperaturer. I flytande alkaliska diskmedel har man vanligen kompenserat för kloreten genom att höja koncentrationen av alkali. För att erhålla ett bra diskresultat ställs då krav på att den tekniska designen av mjölkkanläggningarna är bra och att en hög disktemperatur kan upprätthållas under hela disken. Arla Foods har som ambition att fasa ut kloreten på gårdsdisken, varför i stort sett samtliga leverantörer kan förväntas använda klorfria alkaliska diskmedel inom några år.

För diskmedel som har hög alkalikoncentration finns en potentiell risk som förts fram av bland annat rådgivare och servicetekniker, nämligen att de kan börja bli trögflytande redan strax under normal rumstemperatur. När diskmedlet blir trögare (högre viskositet) förändras dess flytegenskaper vid t.ex. pumpning, och om diskmedlet är placerat svalt vid användning finns en risk att slangpumpen underdoserar. Ute på gårdarna är dunkarna med diskmedel ofta placerade i mjölkrummet. Särskilt när det gäller större gårdar, där diskmedel inte sällan hanteras i fat, är det vanligt att diskmedlen av utrymmes- och hanteringsskäl placeras i ett intilliggande utrymme. Eftersom dessa utrymmen normalt inte har någon konstanthållning av temperaturen, kommer diskmedlen vid användning att ha en temperatur som varierar med årstiden. Under stora delar av vinterhalvåret kommer därför temperaturen på diskmedlet vid användning att betydligt understiga normal rumstemperatur.

Något om viskositet

Viskositeten i en vätska anger hur trög- eller lättflytande den är, och är ett mått på den inre friktionen i vätskan. Denna friktion blir märkbar när ett skikt av vätskan sätts i rörelse i förhållande till ett annat skikt. Ju större friktionen är, desto större kraft krävs för att åstadkomma denna rörelse, som benämns skjuvning. Skjuvning sker när vätskan fysiskt flyttas eller fördelas, som vid spridning, pumpning, blandning etc. Vätskor med hög viskositet kräver därför mer kraft att flytta än sådana med lägre viskositet.

Det finns två vanliga enheter för viskositet, nämligen *dynamisk* viskositet (η) och *kinematisk* viskositet (ν). Den kinematiska viskositeten beräknas som kvoten mellan den dynamiska viskositeten och vätskans densitet. En vätskas dynamiska viskositet mäts vanligen med en rotationsviskosimeter, figur 2.



Figur 2. Principiell uppbyggnad av rotationsviskosimeter.

Rotationsviskosimetern är normalt uppbyggd av en fast yttre cylinder och en inre roterande cylinder (spindel). I utrymmet mellan cylindrarna appliceras vätskan som ska mätas. När spindeln sätts i rotation åtgår en kraft som registreras i instrumentet. Denna skjuvkraft är beroende vätskans temperatur och ibland även av spindelns rotationshastighet och utformning.

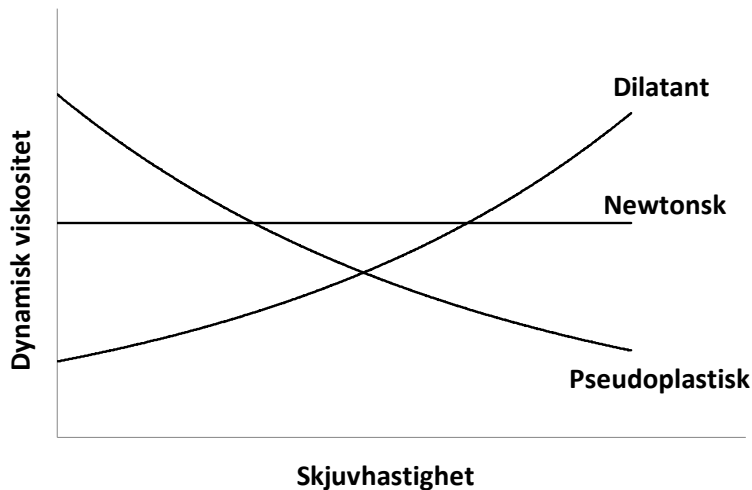
Den dynamiska viskositeten definieras som förhållandet mellan den pålagda skjuvspänningen och skjuvhastigheten vid laminär strömning:

$$\eta = \frac{\text{Skjuvspänning}}{\text{Skjuvhastighet}}$$

SI-enheten för dynamisk viskositet är pascal-sekund (Pa·s), vilket är lika med $1 \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$. I praktiken anges dock ofta viskositeten i enheten Poise eller vanligare centipoise (cP), där $1 \text{ cP} = 1 \text{ mPa}\cdot\text{s}$.

Den dynamiska viskositeten i en vätska är alltid beroende av dess temperatur. Sålunda är till exempel viskositeten i vatten 1,0 cP vid 20 °C och 1,5 cP vid 5 °C (CRC, 1989). Som jämförelse kan nämnas att vid 20 °C är viskositeten för mjölk 2 cP, olivolja ca 100 cP, glycerol ca 1 000 cP och för flytande honung ca 10 000 cP (www.engineeringtoolbox.com).

För vissa vätskor är viskositeten konstant oberoende av skjuvhastigheten (spindelns rotationshastighet). Sådana vätskor kallas **newtonska**, t.ex. vatten och andra lågmolekylära vätskor. För **dilatanta** vätskor ökar viskositeten med ökad skjuvhastighet, t.ex. suspensioner med hög koncentration av finkorniga partiklar – cement, kalk, stärkelse m.m. För **pseudoplastiska** (skjuvtunnande) vätskor minskar viskositeten med ökad skjuvhastighet, t.ex. målarfärg och emulsioner. Orsaken till skjuvtunnning kan vara att en ökad skjuvhastighet gör att partiklarna blir omarrangerade och/eller deformeras och därmed får ett mindre flödesmotstånd (Bylund, 1995). Dessa olika egenskaper hos vätskor illustreras schematiskt i figur 3. Utöver detta finns vätskor vars viskositet även påverkas av skjuvspänningens utsträckning i tiden. Om viskositeten då minskar och minskningen är reversibel kallar man vätskan tixotrop.



Figur 3. Schematisk graf över hur viskositeten för olika typer av vätskor förändras med ändrad skjuvhastighet.

När man ska fastställa en vätskas viskositetsegenskaper i detta avseende, görs bestämningarna i viskosimetern med ett antal olika rotationshastigheter på spindeln.

Syfte

Syftet med projektet var att ta fram grundläggande viskositetsdata för de vanligaste typerna av diskmedel för gårdsdisk. Framtagna data användes för att belysa problematiken kring framför allt alkaliska diskmedel med hög lutkoncentration, och eventuella risker avseende underdosering och försämrad mjölk kvalitet relaterat till detta. Studien avsåg också att påvisa eventuella behov när det gäller anpassning av kemi och/eller teknik för att säkerställa en korrekt dosering.

Metodik

Studien genomfördes i två steg. I det *första steget* bestämdes dynamisk viskositet vid olika temperatur för ett antal utvalda kommersiella diskmedel. Dessa representerade olika grundtyper av diskmedel med olika aktiva substanser (se nedan). I *steg två* undersöktes vad de viskositetsegenskaper som påvisats i steg 1 innebar vid praktisk användning i gårdsdisk. Detta gjordes genom att registrera doseringen med en slangpump för samma diskmedel och vid samma temperaturer som i steg 1.

De fem grundtyper av diskmedel som ingick i försöken var:

1. Klorbaserat alkaliskt (kontroll)
2. Klorfritt med natriumhydroxid
3. Klorfritt med natrium- och kaliumhydroxid
4. Syradiskmedel med fosfor- och svavelsyra
5. Syradiskmedel med citron- och svavelsyra

Steg 1. Bestämningarna av dynamisk viskositet gjordes med en rotationsviskosimeter (Brookfield LVDV-E), som har en principiell uppbyggnad i enlighet med figur 2. Temperaturen i den vätska som ska undersökas regleras och hålls konstant med hjälp av ett vattenbad. Innan mätserien på diskmedlen påbörjades, anpassades

metodikerna till provlösningarna avseende lämplig spindel, relevanta spindelhastigheter m.m. Genomgående användes sedan spindeln Brookfield nr 18 vid hastigheterna 2, 5, 10, 20, 50 och 100 rpm, vilket motsvarar skjuvhastigheterna 2,6, 6,6, 13,2, 26,4, 66 och 132 s⁻¹. Viskositeten bestämdes vid 5 temperaturer, från 5 °C till 25 °C i steg om 5 °C. Varje bestämning gjordes med två upprepningar.

Steg 2. Pumpningen av diskmedlen gjordes med en peristaltisk pump (slangpump) med tre rotoror (Watson Marlow 313U). I pumpen applicerades en silikonslang som fick sitta orörd i pumpen under hela försöket. Denna slang var 25 cm lång på sugsidan och hade en innerdiameter på 8 mm (godstjocklek 1,6 mm). Vid pumpning av diskmedel monterades en 23 cm lång slang (5 mm innerdiameter) på sugsidan. Denna fördes ned i flaskan och efter varje diskmedel monterades den av och sköljdes med vatten in- och utvändigt. Försöksuppställningen framgår av figur 4.



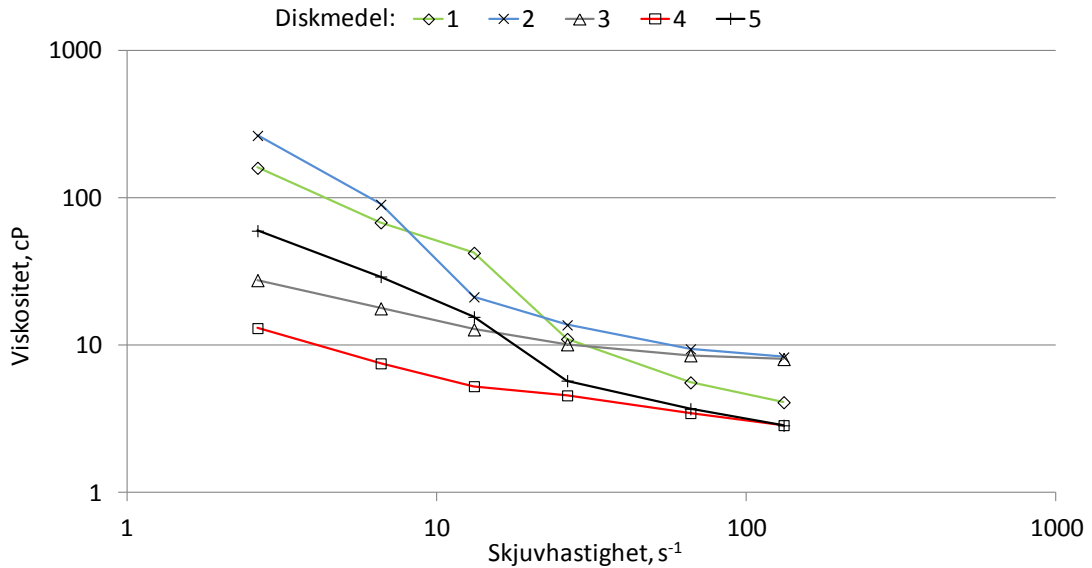
Figur 4. Försöksuppställning vid undersökning av doseringsjämnhet vid pumpning av diskmedel med varierande temperatur. Med en slangpump pumpades det tempererade diskmedlet från flaskan (t.h.) till en mätkolv (t.v.).

Diskmedlen tempererades till önskad temperatur i ett inkubatorskåp (Sanyo MIR-153) i enliters glasflaskor. Denna volym var tilltagen för att vid varje provtillfälle kunna göra tre direkt på varandra följande dosbestämningar, där dosen sedan beräknades som medelvärdet av dessa. För att förhindra värmeutbyte med omgivningen under mätningarna placerades flaskan med diskmedel i ett isolerande hölje. Pumptiden för en dos var genomgående 48 sekunder, vilket för alla diskmedel motsvarade en volym på ca 2 dl. Under pumpningen samlades diskmedlet i en kolv, och levererad dos bestämdes genom vägning på en våg med 0,01 g upplösning (Mettler PM2000). På detta sätt gjordes dosbestämningar för alla diskmedel vid de fem temperaturerna, vilket upprepades vid tre tillfällen.

Resultat

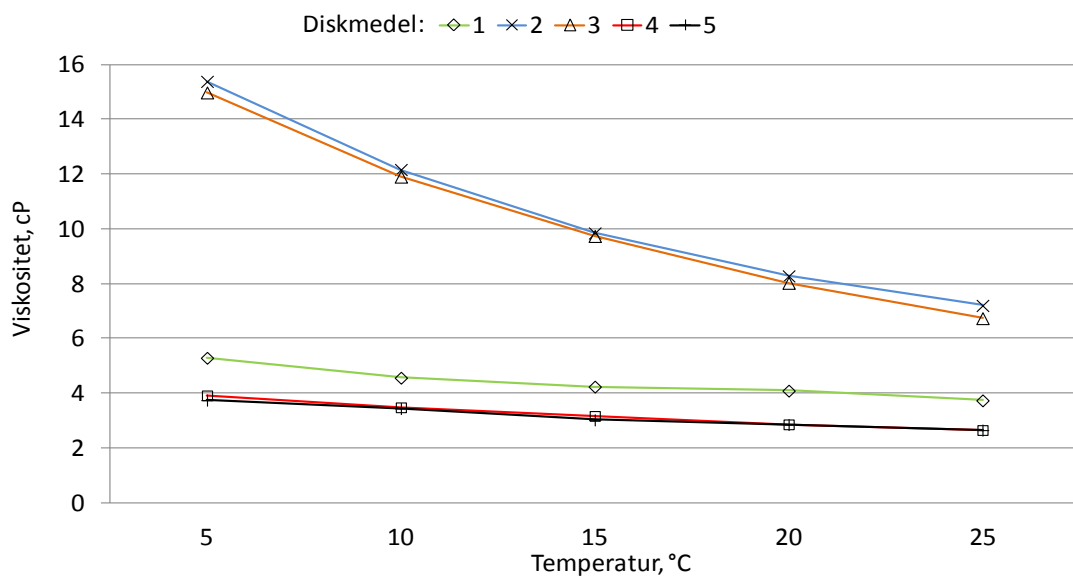
Viskositet

I figur 5 visas ett exempel på hur viskositeten för diskmedlen varierade med skjuvhastigheten (spindelhastighet) vid temperaturen 20 °C. Resultaten visar att alla diskmedlen var skjuvtunnande (pseudoplastiska), vilket innebär att viskositeten minskar med ökad skjuvhastighet.



Figur 5. Förändring av viskositet med skjuvhastighet vid 20 °C. Medelvärden för två upprepningar.

Eftersom skjuvhastigheten vid pumpning ligger på i storleksordningen 100-1000 s⁻¹ (Bylund, 1995), begränsas den fortsatta redovisningen till de resultat som erhållits vid skjuvhastigheten 132 s⁻¹. I figur 6 visas hur viskositeten för de fem diskmedlen förändrades med temperaturen.

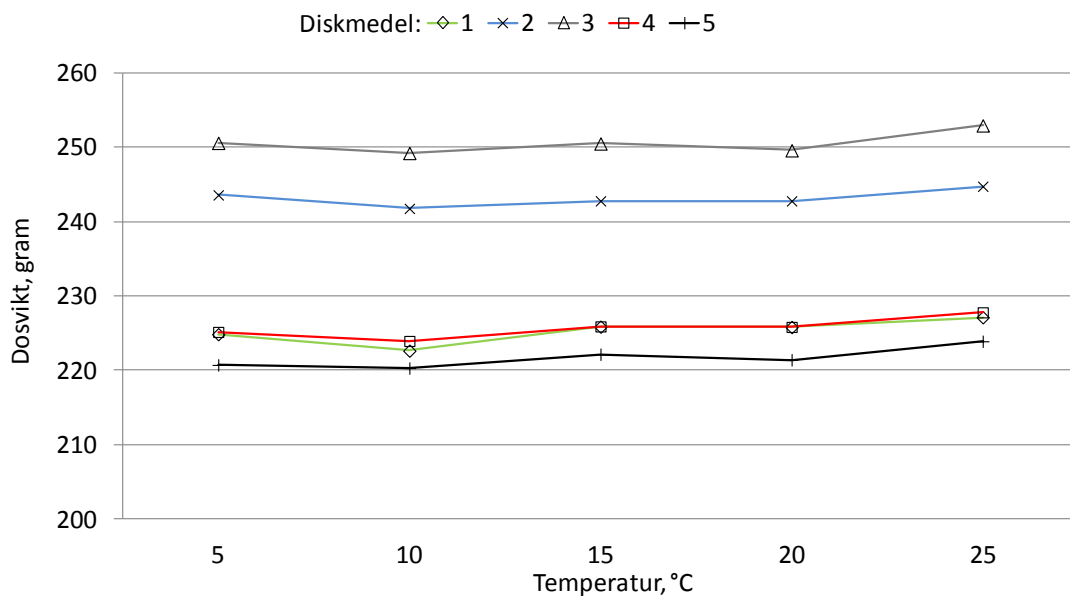


Figur 6. Förändring av viskositet med temperatur vid skjuvhastigheten 132 s⁻¹. Medelvärden för två upprepningar.

För samtliga diskmedel registrerades en kontinuerlig ökning av viskositeten när dess temperatur minskade. Graden av förändring med temperatur skiljde dock mellan diskmedlen, där viskositeten för de två klorfria alkaliska diskmedlen (nr 2 och 3) påverkades i avsevärt högre utsträckning än de övriga. Viskositetstalet för dessa två var mer än dubbelt så högt vid 5 °C jämfört med 25 °C (15 respektive 7 cP), samtidigt som viskositeten var på en generellt högre nivå än för de andra diskmedlen. Viskositeten för det klorbaserade medlet (nr 1) var något högre än för de två syrabaserade (nr 4 och 5), för vilka i princip samma viskositet uppmättes.

Dosering

Registrerade dosvikter vid pumpning av de fem diskmedlen vid olika temperatur visas i figur 7. Här framgår att för ett och samma diskmedel påverkades dosen mycket lite av dess temperatur. Den temperaturberoende variationen låg för samtliga diskmedel inom $\pm 1\%$ från dosmedelvärdet för alla temperaturer.



Figur 7. Dosvikter för de undersökta diskmedlen. Medelvärden för tre upprepningar vid tre tillfällen ($n=9$). Observera att y-axeln inte börjar på noll.

Dosvikterna för diskmedlen låg på olika nivåer, där de två klorfria alkaliska medlen (nr 2 och 3) var högst. Här finns emellertid en tydlig koppling till medlens densitet. Om man med de densiteter som anges i produkternas datablad räknar om dosvikter till volym, blir volymerna i princip desamma för alla diskmedlen.

Diskussion

Mätningarna med rotationsviskosimetern visade att viskositeten ändrades med temperaturen för alla undersökta diskmedel, där de två medlen innehållande natriumhydroxid uppvisade störst förändring. Försöken med pumpning visade dock att detta inte för något av diskmedlen påverkade uppmätta dosvikter. Diskmedlens temperaturberoende viskositetsförändringar var helt enkelt alltför små för att ha någon praktisk betydelse för doseringen.

Rådgivare och tekniker som regelbundet besöker mjölkgårdar har ibland observerat att sugslangen för diskmedlet har varit igensatt, vilket naturligtvis innebär problem med doseringen. En hypotes har varit att natriumhydroxiden i de klorfria alkaliska diskmedlen kristalliserar vid låga temperaturer, och att dessa kristaller sedan inte återgår när medlen blir varmare. Denna kristallisation i medlen skulle kunna inträffa under transporten till gården eller om de mellanlagras i oisolerade utrymmen på gården. För att i någon mån belysa detta gjordes en utvidgning av studien, där de båda medlen som innehöll natriumhydroxid (nr 2 och 3) placerades i frys under en dryg vecka vid ca -25 °C. Därefter togs de fram och tempererades till 5 °C, varefter dosvikterna bestämdes med samma metodik som tidigare. Resultaten visade dock att dosvikterna inte avvek från de tidigare erhållna för samma diskmedel; hypotesen kunde således inte bekräftas. Det kan också tilläggas att några kristaller inte kunde observeras okulärt efter förvaringen i frys. Orsaken till igensatta sugslangar behöver därför utredas ytterligare.

Denna studie har visat att temperaturens inverkan på viskositet och pumpbarhet inte är så stor att det har någon praktisk betydelse för doseringen av diskmedlen. Det finns dock i detta sammanhang flera andra punkter som är viktiga för att inte äventyra diskresultat och mjölkens kvalitet. Således bör diskmedelpumpen regelbundet kontrolleras så att den ger avsedd dos, och vid behov kalibreras. Detsamma gäller om några förändringar i installationen görs, eftersom sughöjd, slanglängd m.m. påverkar doseringen. Vidare bör man kontrollera att dunkarna med diskmedel inte har bottenbotten och att sugslangen är ren. Slangen i diskmedelpumpen bör kontrolleras flera gånger per år och bytas minst en gång årligen.

Slutsats

Viskositeten för de undersökta diskmedlen ökade vid lägre temperatur. Denna viskositetsförändring var betydligt kraftigare för de klorfria alkaliska diskmedlen än för de klor- och syrabaserade. Eftersom variationen i dosvikt vid pumpning genomgående var mycket liten, är slutsatsen att de variationer i viskositet som registrerats inte har någon betydelse i den praktiska tillämpningen för gårdsdisk.

Referenser

- Bylund, G. 1995. Dairy processing handbook, Tetra Pak Processing Systems AB, Lund.
- CRC Handbook of Chemistry and Physics. 1989. 70th ed. Editor-in chief; Weast, R.C. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, USA.
- MTT. 2005. Kontroll av diskmedelpumparnas diskmedelsdosering. MTT Vakola, Enheten för mjölkkningsanläggningar. <http://www.mtt.fi/julkaisut/maitokoneet/Kontroll%20av%20diskmedelsdosering.pdf>
- Stanga, M. 2010. Sanitation. Cleaning and disinfection in the food industry. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., Weinham, Tyskland.

Detta projekt har finansierats av Svensk Mjök och genom bidrag från Stiftelsen Lantbruksforskningens mjökprogram.