



Nr. 56 · September 1997

Forkølingens indflydelse på den rå mælks kvalitet

Influence of precooling on the quality of raw milk

Frode Guul-Simonsen og Niels Peter Madsen,
Afd. for Jordbrugsteknik og Produktionssystemer

Sten Ostensen, Afd. for Råvarekvalitet

Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri Danmarks JordbrugsForskning

Danmarks JordbrugsForskning har til formål at gennemføre forskning samt indsamle og opbygge viden af betydning for dansk jordbrug. I forskningen lægges bl.a. vægt på ressourceudnyttelse og miljøforhold, produkternes kvalitet og konkurrenceevne, dyrevelfærd og -sundhed samt en hurtig formidling af resultaterne.

Danmarks JordbrugsForskning er landets største sektorforskningsinstitution med ca. 1.050 ansatte. Forskningsaktiviteterne er hovedsagelig placeret ved Forskningscenter Foulum, Forskningscenter Bygholm, Forskningscenter Årslev og ved afdelinger

og enheder i Lyngby, Roskilde, Flakkebjerg og Tystofte. Derudover er der syv forsøgsstationer til markforsøg.

Forskningsresultaterne publiceres i internationale, videnskabelige tidsskrifter samt i publikationer udgivet af Danmarks JordbrugsForskning. Abonnement på rapporter og tidsskrifter kan tegnes ved henvendelse til Informationsenheden på Forskningscenter Foulum.

Forskningscenter Foulum
Postboks 50, 8830 Tjele
Tlf. 89 99 19 00. Fax 89 99 19 19

Ministry of Food, Agriculture and Fisheries Danish Institute of Agricultural Sciences

The aim of the Danish Institute of Agricultural Sciences is to carry out research and accumulate knowledge of importance to Danish agriculture. In the research, great importance is attached to the utilization of resources, to the environment, product quality and competitiveness, animal welfare and health along with a rapid and efficient dissemination of the results.

The Danish Institute of Agricultural Sciences is Denmark's largest research institute with approx. 1,050 staff members. The research activities are mainly carried out at Research Centre Foulum, Research Centre Bygholm, Research Centre Aarslev and at

other departments and units in Lyngby, Roskilde, Flakkebjerg and Tystofte. Furthermore there are seven experimental stations for field trials.

The research results are published in international scientific journals and in publications from the Danish Institute of Agricultural Sciences. For subscription to reports and other publications, please contact the Information Unit at Research Centre Foulum.

Research Centre Foulum
P. O. Box 50, DK-8830 Tjele
Tel. +45 8999 1900. Fax +45 8999 1919

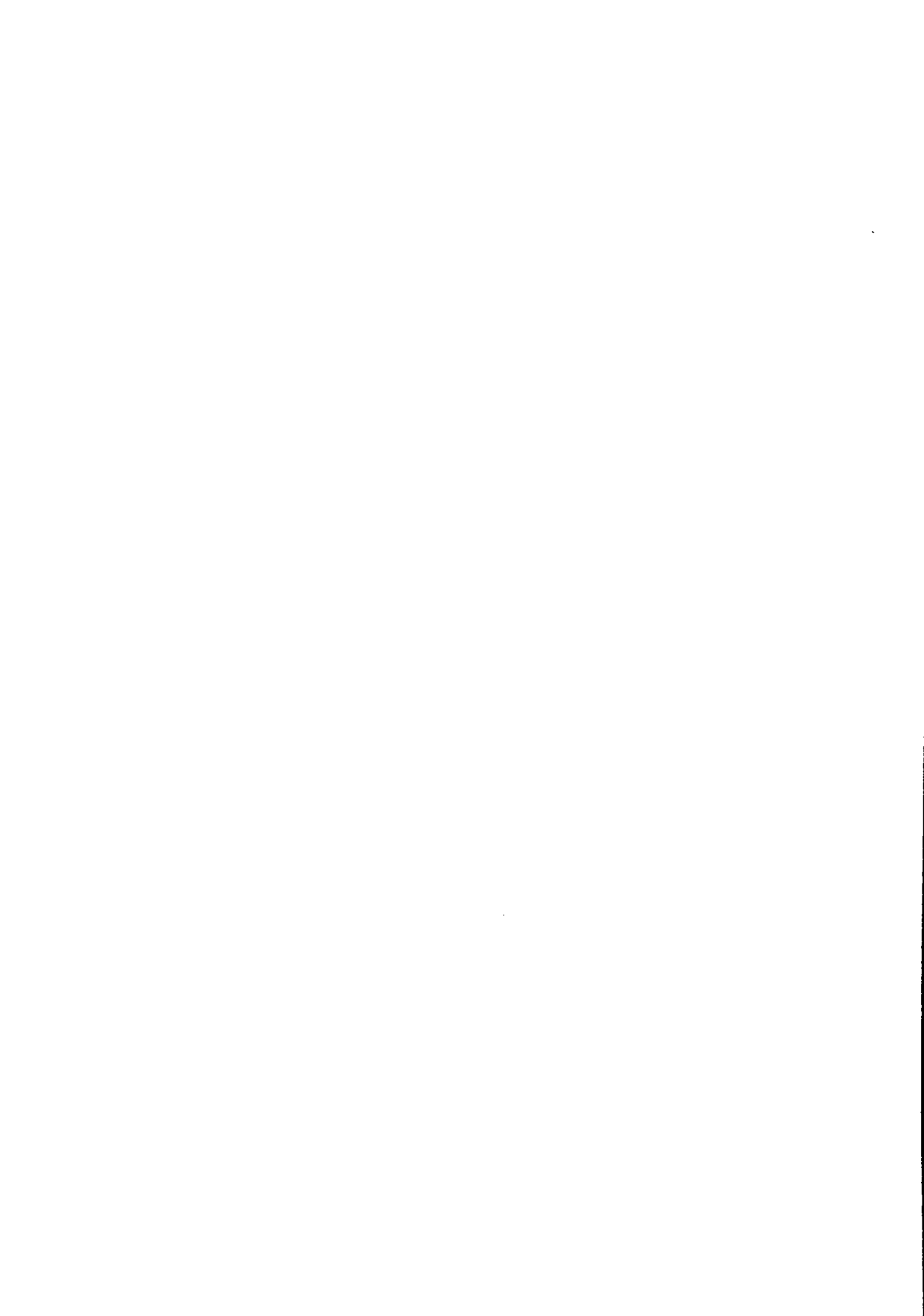
Forskningsrapport nr. 56 fra Danmarks JordbrugsForskning

Forkølingens indflydelse på den rå mælks kvalitet

*Influence of precooling on the
quality of raw milk*

Frode Gul-Simonsen og Niels Peter Madsen,
Afd. for Jordbrugsteknik og Produktionssystemer

Sten Ostersen, Afd. for Råvarekvalitet



Indholdsfortegnelse

	Side
Sammendrag	5
Summary	6
1 Indledning	7
2 Materialer og metoder	7
3 Resultater og diskussion	11
4 Konklusion	18
Litteratur	19

Contents

	Page
Summary in Danish	5
Summary in English	6
1 Introduction	7
2 Materials and methods used	7
3 Results and discussion	11
4 Conclusion	18
References	19

Sammendrag

Undersøgelsens formål har været, under praktiske forhold, at fastslå, om forkøling af rå mælk fra 35°C til 15, 13 eller 11°C med oppumpet grundvand (boring) og efterfølgende direkte køling til 4°C i mælkekøletank kan give mælken et kvalitetsløft i forhold til direkte køling af mælken i mælkekøletank fra 35 til 4°C i løbet af 2 timer, der er bedste klassificering for mælkekøletanke efter European Standard, CEN Draft, 1994.

Undersøgelsen har omfattet sensoriske, bakteriologiske, kemiske og fysiske analyser af mælk fra 64 køer, hvor mælken under malkningen blev kontinuerligt ligeligt delt, og derefter underkastet ovennævnte to kølingsmetoder (sammenlignende serieforsøg). Undersøgelsen udførtes med mælk af god kvalitet. Mælken hidrørte fra 2 malkninger (hverdagsafhentning). Analysemetoderne var af anerkendt og dokumenterbar art.

Undersøgelsens samlede resultater viste, at der ikke var større forskel i mælkekvalitet de to ovennævnte metoder imellem. Ved forkøling af mælken fra 35 til 11°C + direkte køling målt der dog en signifikant lavere fedtsyregrad og en signifikant mere ensartet fedtkuglestørrelse. Det vurderes, at forkøling til 11°C eller derunder kan give mælken en lille kvalitetsforbedring i forhold til direkte køling. Forkøling fra 35 til 13°C eller 35 til 15°C giver ingen forbedring.

Forkøling kan derudover være en ekstra sikring mod kvalitetsforringelse af mælken ved underdimensionerede og dårligt vedligeholdte mælkekøleanlæg (svingende kølekapacitet). Energiøkonomisk kan der opnås en mindre besparelse ved forkøling, dog afhængigt af anlæggets konstruktion og de stedlige forhold.

Nøgleord: Mælkekøling, forkøling, mælkekvalitet.

Summary

The object of this study was under practical conditions to determine whether precooling from 35°C to 15, 13 or 11°C of raw milk with water pumped from groundwater (boring), and additional direct cooling to 4°C in a milk cooler, compared to direct cooling from 35° to 4°C of milk in a refrigerated milk tank, will provide the milk with a higher level of quality within two hours, which is the recommended classification for refrigerated milk tanks, according to European Standard, CEN Draft, 1994.

The test has included sensory, bacteriological, chemical and physical analyses of milk from 64 dairy cows. During the milking, the milk was continuously divided equally before being subjected to the above-mentioned two methods of cooling (comparative serial tests). High quality milk from two milkings (daily collection) was used for the study. The analytic methods were of approved and substantiated nature.

The total results of the study showed no great difference in the quality of the milk between the above-mentioned two methods. However, on precooling of the milk from 35 to 11°C + direct cooling, a significantly lower fatty acid degree and a significantly more homogeneous fat globule size were measured. It is estimated that precooling to 11°C or less will improve the milk quality slightly, compared to direct cooling. Precooling from 35 to 13 or 15°C will not result in any improvements.

Furthermore, precooling might offer an additional protection from quality deterioration of the milk in connection with undersized and disrepaired milk cooling systems (fluctuating cooling capacity). It is possible to obtain slight energy savings by use of precooling, however, depending on the construction of the system and the local conditions.

Keywords: Milk cooling, precooling, milk quality.

1 Indledning

Nogle landmænd, der, ud over at anvende mælkekøletank af typen med direkte fordampning, tillige anvender forkøling af rå mælk via oppumpet grundvand (boring), hævder, at mælke kvaliteten herved bedre fastholdes på et højt niveau. Forkøleren indbygges i mælkeledningen mellem malkeanlæg og mælkekøletank, idet køletanken på normal vis fortsætter kølingen af den forkølede mælk til 4°C. Undersøgelser viser, at lipaseaktiviteten i mælk er særligt påvirket af omrøring i temperaturområderne omkring 15 hhv. 35°C (Fitz-Gerald, 1974). Denne kendsgerning, plus nævnte påstand, danner baggrund for den arbejdshypotese, at en forkøling af nymalket mælk fra 35 til under 15°C eller derunder + efterfølgende direkte køling i mælkekøletank til 4°C vil kunne give mælken et kvalitetsløft ("stabil fedtkugleopbygning"). Derudover kan det forventes, at den hurtigere køling af mælken vil kunne medføre en langsommere bakterievækst.

Energiøkonomisk er forkøling af mælk af interesse for husdyrbruget, idet grundvand (boring), der opvarmes ved passage gennem forkøleren, med fordel kan genbruges som opvarmet drikkevand til husdyr. Drikkevand, opvarmet til 17°C, kan f.eks. øge køers mælkeproduktion med 3% i vintermånederne (Andersson, 1984), ligesom op-

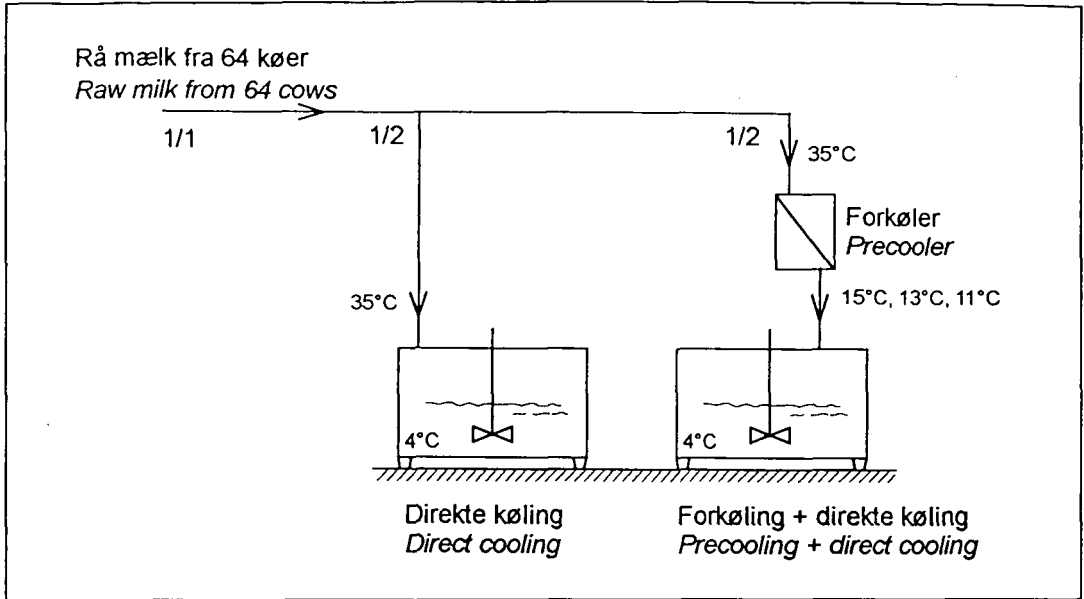
varmet drikkevand med oprørt mælkepulver er kendt som velegnet fodermedium til kalve. Temperaturen på opvarmet drikkevand kan yderligere hæves til 55°C (brugsvand) ved udnyttelse af spildvarmen fra køleanlæggets kondensator eller hæves til ønsket temperatur via en elektrisk vandvarmer. Grundvand kan oppumpes med billig nat- og weekendstrøm i landområder, hvor elselskaber tilbyder tidsdifferentierede strømtariffer. Vandet lagres i højt opsat, isoleret beholder for senere anvendelse til forkøling af mælken under malkningen. Et mælkekøleanlæg, der arbejder med forkøling, kræver en mindre kølekompressor og et mindre strømforbrug end sædvanligt, ligesom det kræver mindre udbygning af det elektriske ledningsnet ved udvidelse af mælkeproduktionen.

Formålet med undersøgelsen er at bekræfte eller afkræfte ovennævnte arbejdshypotese. Undersøgelsen omfatter sammenlignende forsøg, der behandler mælken til opbevaringstemperatur med henholdsvis direkte køling og en kombination af forkøling + efterfølgende direkte køling. Mælkekvaliteten undersøges ved sensoriske, bakteriologiske og kemiske samt fysiske analyser ud fra anerkendte og veldokumenterede analysemetoder.

2 Materialer og metoder

På Forskningscenter Bygholm blev mælk fra 64 køer under malkningen kontinuerligt delt lige-
ligt, hvorefter de to mælkeportioner gennemgik forskellig form for køling: I) Direkte køling (portionsproces). II) Forkøling (kontinuerlig proces)

+ direkte køling (portionsproces). Der blev anvendt en løsdriftstald af sengetypen med malkestald og særskilt mælkerum. Forsøgsopstillingen var opbygget i mælkerummet. Dens princip fremgår af figur 1.



Figur 1 Princip i forsøgsopstilling
Principle of test setup

I malkestalden anvendtes der 2 × 8 malkesæt. Til yveraftørring anvendtes der til hver ko en nyvasket bomuldsklud, opvredet i en 80 ppm klorhexidin-opløsning. Mælkekøletankene og mælkerørerne var af rustfast stål. Rengøring af køletanke og malkeanlæg blev udført nøje efter fabrikkantens/mejeriets forskrifter.

Ideen i forsøgsopstillingen var, at der blev arbejdet med relativt store mængder nymalket normal mælk (modsat ved laboratorieforsøg), dvs. mælk, der efter udmalkning har passeret gennem rør-malkeanlæg og udskiller, og derefter er pumpet over i mælkekøletank. Ved normal mælk forstås rå mælk, der har en bakterieflora, som dels stammer fra yverets indre, dels fra kontaminationen fra ydersiden af koens yver og pletter og dels fra malkeaggregat, mælkeledning og tank. Dette var en vigtig faktor i forsøgene for vurdering af resultaternes praktiske anvendelse.

Forsøgene udførtes i tidsrummet fra 24. november til 21. december 1996. Forsøgsplanen fremgår af tabel 1. Der udførtes 5 forsøg pr. uge. Kølingsforsøgene startede ved aftenmalkningen

om søndagen, således at der mandag morgen var mælk fra 2 malkninger i mælkekøletankene, og det var af denne blandingsmælk, afkølet til 4°C, mælkeprøverne blev udtaget. Tilsvarende prøver fra 2 malkninger blev udtaget tirsdag, onsdag, torsdag og fredag. Mælken blev afhentet og afregnet af det lokale mejeri på sædvanlige leverandørvilkår. Mælkens temperatur i køletankene målttes hvert 5. minut fra malkningens start til dens afslutning. Måleudstyrets nøjagtighed var $\pm 0,3^\circ\text{C}$. Mælkens opbevaringstemperatur, $4,0 \pm 0,2^\circ\text{C}$, blev fastholdt via termostatstyring.

Mælkeprøverne fra forsøgsanlæggets mælketanke blev for hver døgnproduktion udtaget efter 15 minutters oprøring af tankens indhold. Der blev udtaget 4 à 5 mælkeprøver i forskellig tankdybde. Prøverne fyldtes i 100 ml prøveglasser, der blev lukket med plastprop og sat i termokasser med køleelement (frossen væske i plastbeholder), således at temperaturen i kassen blev holdt mellem 2 og 4°C. Prøverne blev dagligt sendt pr. post til Steins Laboratorium A/S, Holstebro, hvor sensoriske, bakteriologiske og kemiske analyser af mælken udførtes ca. 1 døgn senere. Steins La-

boratorium A/S er af Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri godkendt til analysering af mælk og mejeriprodukter. Andre prøveglas for fysiske analyser blev bragt direkte til MD Foods Udviklingscenter, Brabrand, der råder over det nødvendige udstyr til sådanne analyser. Analyserne blev udført samme dag. Udstyret består af en partikel-analysator, Malvern Mastersizer X, med 45 mm linse, og et dertil udviklet softwareprogram, måleområde 0,1-80 μm , hvor fedtkuglediameteren bestemmes ud fra partikelvoluminet. Hver måling fremstår som gennemsnit af mindst 3 bestemmelser (MDU Analyseforskrift, 1997).

Følgende analyser blev gennemført efter nævnte forskrifter

- Syn, lugt og smag. Veterinærdirektoratets Instruks af 2. januar 1990 og med ændring af 7. januar 1991.
- Totalkim, 30°C. International IDF-Standard 100 B: 1991.
- Psykrotrofe bakterier, 6,5°C. International IDF-Standard 101 A: 1991.
- Celletal. Veterinærdirektoratets Instruks af 2. januar 1990.
- BDI, fedtsyregrad. Statens Forsøgsmejeri (1962).
- TBA, fedtoxidation. King (1962). Tilføjelse og præcisering af Waagner Nielsen og Edelsten (1995).
- C-vitamin. Statens Levnedsmiddelinstitut (1973).
- Protein og fedt. International IDF-Standard 141 B (1990).
- Partikelstørrelse og partikelfordeling. MDU Analyseforskrift. MD Food Udviklingscenter (1997).

Tabel 1 Forsøgsplan, 1996
Test plan, 1996

Uge nr. <i>Week No.</i>	Forsøg nr. <i>Test No.</i>	Antal malkninger pr. forsøg <i>Number of milkings per test</i>	Proces <i>Process</i> Direkte køling <i>Direct cooling</i>	Proces <i>Process</i> Forkøling/ Direkte køling <i>Precooling/ Direct cooling</i>
49	1 2 3 4 5	2	$\bar{A}1$ 35 → 4°C	$\bar{A}2$ 35 → 15 → 4°C
50	6 7 8 9 10	2	$\bar{B}1$ 35 → 4°C	$\bar{B}2$ 35 → 13 → 4°C
51	11 12 13 14 15	2	$\bar{C}1$ 35 → 4°C	$\bar{C}2$ 35 → 11 → 4°C

For at formindske indflydelsen af variabiliteten hos forsøgsenhederne ved sammenligning af to behandlinger brugtes observationer i par (Rudemø, 1979). Under malkningen blev mælken løbende ligeligt fordelt til to tanke, hvor mælken i de to tanke i statistisk forstand udgør et par. De to mælkestrømme fik hver sin af de to behandlinger, henholdsvis: Direkte køling og forkøling + direkte køling. T-testene udførtes som parvise sammenligninger mellem direkte køling og forkøling til 15, 13 eller 11°C + direkte køling

$$t = \sqrt{n} D/s$$

hvor

n = antal målinger

D = forskellen

s = spredningen.

Til at vurdere mekanisk beskadigelse af fedtkuglerne blev der målt middelfedtkuglestørrelse og

relativ fordelingsbredde (fordelingskurvens bredde).

D_{vs} = middelværdi, beregnet som forholdet mellem volumen (v) og overfladen (s) af fedtkuglerne

Relativ fordelingsbredde = bredde af kurven for fedtkuglefordelingen

$$\frac{D(v; 0,9) - D(v; 0,1)}{D(v; 0,5)}$$

$D(v; 0,5)$ = 50%-fraktil:
50% af fedtkugler er mindre end angivet størrelse, μm

$D(v; 0,9)$ = 90%-fraktil:
90% af fedtkugler er mindre end angivet størrelse, μm

$D(v; 0,1)$ = 10%-fraktil:
10% af fedtkugler er mindre end angivet størrelse, μm .

3 Resultater og diskussion

Tabel 2, 3 og 4 viser analyseresultaterne fra henholdsvis proces $\bar{A}1$ og $\bar{A}2$, $\bar{B}1$ og $\bar{B}2$, samt $\bar{C}1$ og $\bar{C}2$ for mælk fra 2 malkninger (hverdagsafhentning), belyst ved middelværdi (\bar{x}) og standardafvigelse (s), samt t-test for henholdsvis syn, lugt og smag, total kim (aritmetisk), total kim (logaritmisk), psykotrofe bakterier (aritmetisk), psykotrofe bakterier (logaritmisk), fedtsyregrad (BDI), fedtoxidation (TBA-værdier), C-vitamin, protein- og fedtprocent samt celletal.

Tabel 5 angiver fedtkuglestørrelse, middelværdi (D_{50}) og standardafvigelse (s) samt relativ fordelingsbredde i mælken efter direkte køling til 4°C og forkøling til 15, 13 eller 11°C + direkte køling til 4°C. Endvidere viser tabellen resultatet af t-testen.

Det fremgår af tabellerne, at der ikke var større kvalitetsforskel mellem mælk, behandlet ved direkte køling fra 35 til 4°C, og mælk, behandlet med forkøling fra 35 til 15, 35 til 13 eller 35 til 11°C + direkte køling til 4°C. Stort set viser forsøgene (par), at procesresultaterne $\bar{A}1 \sim \bar{A}2$; $\bar{B}1 \sim \bar{B}2$; $\bar{C}1 \geq \bar{C}2$; eller $\bar{A}1 \sim \bar{A}2 \sim \bar{B}1 \sim \bar{B}2 \sim \bar{C}1 \geq \bar{C}2$. De statistiske forskelle er små. Dog afviger forkøling fra 35 til 11°C + direkte køling med hensyn til fedtsyregrad. T-testen viser således, at forkølingen har sænket niveauet for fedtsyregrad; resultaterne fra proces $\bar{C}1$ er signifikant større end fra proces $\bar{C}2$ ($P < 0,01$).

Forkøling til 11°C + direkte køling afviger ligeledes ved måling af mælkens fedtkuglestørrelse, hvor t-testen viser en mindre relativ fordelingsbredde. Resultaterne fra proces $\bar{C}1$ er signifikant større end resultaterne fra proces $\bar{C}2$ ($P < 0,02$). Det betyder, at der er større ensartethed i fedtkuglefordelingen, dvs. at disse har beholdt deres stabilitet under kølingen og den mekaniske omrøring. Wastra 1975 har fundet, at en svag homogenisering kan forøge fedtkuglefordelingen,

angivet ved "width parameter", der dog ikke er defineret på samme måde som relativ fordelingsbredde, men princippet er det samme. Dette indikerer, at der kan have været en svagere mekanisk behandling af mælken ved forkøling til 11°C, og/eller at fedtkuglerne har været mere stabile over for mekanisk behandling. Tidligere undersøgelser (Guul-Simonsen et al., 1995) har vist, at hurtig køling af mælken ved instantkøling, sammenlignet med direkte køling, gav lavere indhold af frie fedtsyrer. Det kan derfor antages, at forkøling af rå mælk til 11°C eller til lavere temperatur + direkte køling til 4°C kan give mælken en lille forbedring i forhold til direkte køling fra 35 til 4°C.

De valgte forkølingstemperaturer skal ses på baggrund af, at oppumpet grundvand har en temperatur på omkring 8 - 10°C. Ved vandets oppumpning hæves dets temperatur lidt ved passagen gennem pumpen, ligesom vandets temperatur hæves en del ved opbevaring i lagringstanken, især i dagtimerne om sommeren. Det er derfor ikke fundet realistisk at undersøge effekten af forkøling til lavere mælketemperatur end 11°C, idet forkølerens konstruktion (varmeovergangsareal) begrænser muligheden for lavere temperatur.

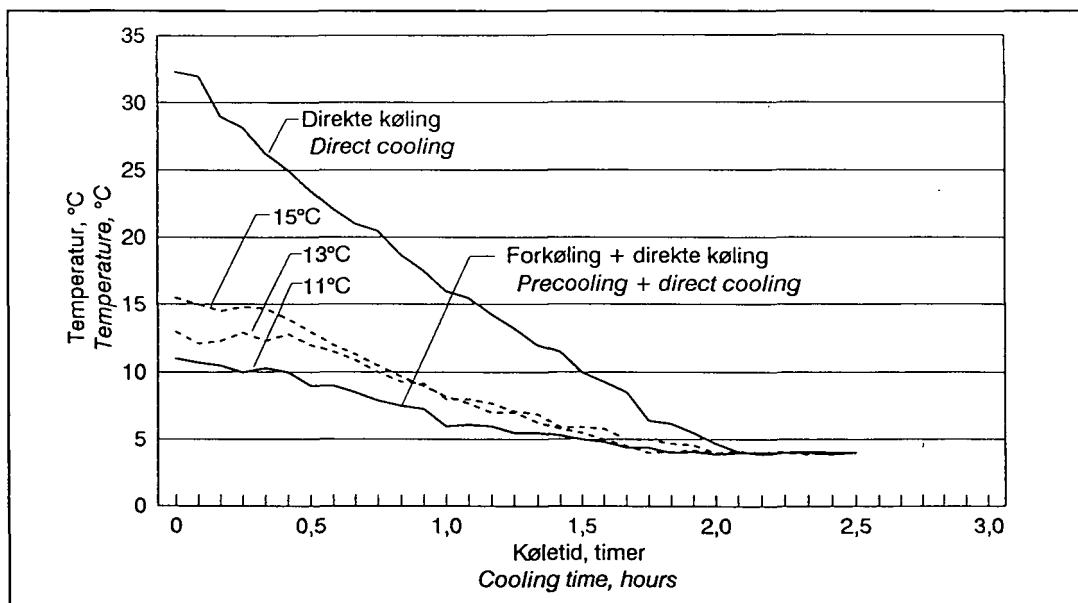
Transporten til Holstebro af mælkeprøver i termokasser med køleelement betyder, at analyserne udføres ca. 1 døgn efter prøvernes udtagelse fra mælkekøletank. Derved kan der ske en svag bakterievækst, før analysen foretages. I praksis tillægges denne vækst ingen praktisk betydning, når prøverne holdes opbevaret ved 2 - 4°C. I dette tilfælde, hvor der er tale om sammenlignende forsøg, antages det, at denne bakterievækst er uden betydning for bedømmelse af resultaterne. Undersøgelsen er udført med mælk af god kvalitet, bl.a. er samtlige mælkeprøver bedømt af mælkebedømmere til klassifikation 1 for syn, lugt

og smag samt analyseret til et kimal under 10×10^3 total kim/ml (aritmetisk).

Samlet viser resultaterne, at arbejdshypotesen om et kvalitetsløft af rå mælk ("stabil fedtkugleopbygning", dvs. svagere påvirkning af fedtkuglerne) ved benyttelse af forkøling + efterfølgende direkte køling til 4°C, frem for direkte køling fra 35 til 4°C, ikke holder ved forkøling til 13 eller 15°C, når sammenligningen sker i forhold til direkte køling i løbet af 2 timer, som er bedste klassifikation for mælkekøletanke efter CEN (1994). Bedste klassificering efter ISO (1983) er 2,5 timer. Ifølge Veterinærdirektoratet (1993) regnes en nedkøling af mælken fra 35 til 4°C på 3 timer for tilfredsstillende. Forkøling til 13 eller 15°C giver ingen kvalitetsforbedring af mælken, men den kan give en ekstra sikring mod kvalitetsforringelser ved underdimensionerede og dårligt vedligeholdte mælkekøleanlæg (svingende kølekapacitet).

Der er ikke udført energiøkonomiske beregninger i undersøgelsen (drikkevandsmængde opvarmet til

forskellig temperatur fra forkøler samt udnyttelse/ikke-udnyttelse af genvindingsvarme fra kondensator), idet disse vil afhænge af de stedlige forhold, herunder anlæggets konstruktion, det anvendte kølemiddel og anlæggets vedligeholdelsesstand (Gudbjerg et al., 1993; Elefsen et al., 1994). Desuden må der tages hensyn til forskelligheder i opbygningen af den lokale, tidsdifferenterede eltarif. Forkøling af mælk betyder, alt andet lige, en kortere driftstid for kølekompressoren og dermed et lavere strømforbrug end normalt. Forskellen mellem forkøling til 11 eller 15°C er energimæssigt uden større praktisk værdi. Derimod kan selve forkølingen fra 35 til 11 eller 15°C give nogen besparelse ($Q = M \times \Delta t \times C$, hvor M = mælkemængde, Δt = temperaturdifference og C = mælkens specifikke varmekapacitet). Elforbruget øges lidt ved oppumpning af brøndvand til lagring (lille pumpe med billig nat- eller weekendstrøm). Den vandmængde, der skal oppumpes, vil være afhængig af forkølerens konstruktion og specielt størrelsen af dens køleflade. Det vurderes, at der energiøkonomisk fås en lille besparelse ved forkøling af mælk.



Figur 2 Mælkens nedkølingstemperatur ved direkte køling og forskellige grader af forkøling
Temperature of milk on direct cooling and different precooling degrees

Tabel 2 Rå mælk, behandlet ved henholdsvis direkte køling og forkøling til 15°C + direkte køling, 5 forsøg, middelværdi (x) og standardafvigelse (s)

Raw milk treated with direct cooling and precooling to 15°C + direct cooling, respectively, 5 tests, mean value (x) and standard deviation (s)

Nr. No.	Analyse Analysis	Proces/Process			
		$\bar{A}1$		$\bar{A}2$	
		Direkte køling Direct cooling		Forkøling, 15°C + Direkte køling Precooling, 15°C + Direct cooling	
		x_1	s_1	x_2	s_2
1	Syn, lugt og smag*) Sensory classification	1.0 ^a	0	1.0 ^a	0
2	Total kim, aritmetisk, 10 ³ /ml**) Total plate count, arithmetic, 10 ³ /ml	6.3 ^a	2.3	7.3 ^a	2.7
3	Total kim, logaritisk, ml ^{-1**}) Total plate count, logarithmic, ml ⁻¹	3.8 ^a	0.2	3.8 ^a	0.2
4	Psykrotrofe bakterier, aritmetisk, 10 ³ /ml**) Psychrotrophic bacteria, arithmetic, 10 ³ /ml	1.2 ^a	0.5	1.6 ^a	0.6
5	Psykrotrofe bakterier, logaritisk, ml ^{-1**}) Psychrotrophic bacteria, logarithmic, ml ⁻¹	3.0 ^a	0.2	3.1 ^a	0.2
6	Fedtsyregrad, BDI, mækv./100 g fedt**) Fatty acid degree, BDI, meq/100 g fat	0.70 ^a	0.02	0.70 ^a	0.02
7	Fedtoxidation, TBA-værdi**) Fat oxidation, TBA value	0.014 ^a	0.003	0.011 ^b	0.001
8	C-vitamin, mg/100 ml**) Vitamin-C, mg/100 ml	0.70 ^a	0.25	0.64 ^a	0.15
9	Protein, %**) Protein, %	3.64 ^a	0.46	3.62 ^a	0.40
10	Fedt, %**) Fat, %	4.45 ^a	0.02	4.56 ^b	0.13
11	Celletal, aritmetisk, 10 ³ /ml**) Number of cells, arithmetic 10 ³ /ml	171 ^a	24	159 ^a	22
12	Celletal, logaritisk, ml ^{-1**}) Number of cells, logarithmic, ml ⁻¹	2.2 ^a	0.07	2.2 ^a	0.06

*) Klassifikation / Scale of sensory classification
 1 = Ingen fejl (tilfredsstillende) / No defects (satisfactory)
 2 = Fejl (mindre tilfredsstillende) / Small defects (less satisfactory)
 3 = Tydelige fejl (ikke tilfredsstillende) / Distinct defects (not satisfactory)

**) a og b: Tal med forskelligt bogstav ved samme kvalitetsparameter er signifikant forskellige (P < 0,05) ved t-test.
 a and b: Figures for one and the same quality parameter with different letters were significantly different (P < 0.05) on t-test.

Tabel 3 Rå mælk, behandlet ved henholdsvis direkte køling og forkøling til 13°C + direkte køling, 5 forsøg, middelværdi (x) og standardafvigelse (s)

Raw milk treated with direct cooling and precooling to 13°C + direct cooling, respectively, 5 tests, mean value (x) and standard deviation (s)

Nr. No.	Analyse Analysis	Proces/Process			
		B̄1		B̄2	
		Direkte køling Direct cooling		Forkøling, 13°C + Direkte køling Precooling, 13°C + Direct cooling	
		x ₃	s ₃	x ₄	s ₄
1	Syn, lugt og smag ^{*)} <i>Sensory classification</i>	1.0 ^a	0	1.0 ^a	0
2	Total kim, aritmetisk, 10 ³ /ml ^{**)} <i>Total plate count, arithmetic, 10³/ml</i>	4.1 ^a	1.7	3.1 ^a	1.7
3	Total kim, logaritmisk, ml ^{-1**)} <i>Total plate count, logarithmic, ml⁻¹</i>	3.6 ^a	0.2	3.4 ^a	0.2
4	Psykrotrofe bakterier, aritmetisk, 10 ³ /ml ^{**)} <i>Psychrotrophic bacteria, arithmetic, 10³/ml</i>	1.7 ^a	0.4	1.5 ^a	1.0
5	Psykrotrofe bakterier, logaritmisk, ml ^{-1**)} <i>Psychrotrophic bacteria, logarithmic, ml⁻¹</i>	3.2 ^a	0.1	3.1 ^a	0.3
6	Fedtsyregrad, BDI, mækv./100 g fedt ^{**)} <i>Fatty acid degree, BDI, meq/100 g fat</i>	0.76 ^a	0.06	0.73 ^a	0.03
7	Fedtoxidation, TBA-værdi ^{**)} <i>Fat oxidation, TBA value</i>	0.017 ^a	0.006	0.013 ^a	0.004
8	C-vitamin, mg/100 ml ^{**)} <i>Vitamin-C, mg/100 ml</i>	0.34 ^a	0.05	0.32 ^a	0.04
9	Protein, % ^{**)} <i>Protein, %</i>	3.42 ^a	0.04	3.40 ^a	0.03
10	Fedt, % ^{**)} <i>Fat, %</i>	4.57 ^a	0.15	4.54 ^a	0.05
11	Celletal, aritmetisk, 10 ³ /ml ^{**)} <i>Number of cells, arithmetic, 10³/ml</i>	165 ^a	19	160 ^a	21
12	Celletal, logaritmisk, ml ^{-1**)} <i>Number of cells, logarithmic, ml⁻¹</i>	2.2 ^a	0.06	2.2 ^a	0.06

^{*)} Klassifikation / Scale of sensory classification
 1 = Ingen fejl (tilfredsstillende) / No defects (satisfactory)
 2 = Fejl (mindre tilfredsstillende) / Small defects (less satisfactory)
 3 = Tydelige fejl (ikke tilfredsstillende) / Distinct defects (not satisfactory)

^{**)} a: Tal med forskelligt bogstav ved samme kvalitetsparameter er signifikant forskellige (P < 0,05) ved t-test.
 a: Figures for one and the same quality parameter with the same letters were significantly different (P < 0.05) on t-test

Tabel 4 Rå mælk, behandlet ved henholdsvis direkte køling og forkøling til 11°C + direkte køling, 5 forsøg, middelværdi (x) og standardafvigelse (s)

Raw milk treated with direct cooling and precooling to 11°C + direct cooling, respectively, 5 tests, mean value (x) and standard deviation (s)

Nr. No.	Analyse Analysis	Proces/Process			
		\bar{C}_1		\bar{C}_2	
		Direkte køling Direct cooling		Forkøling, 11°C + Direkte køling Precooling, 11°C + Direct cooling	
		x_5	s_5	x_6	s_6
1	Syn, lugt og smag*) Sensory classification)	1.0 ^a	0	1.0 ^a	0
2	Total kim, aritmetisk, 10 ³ /ml**) Total plate count, arithmetic, 10 ³ /ml	6.0 ^a	2.0	6.4 ^a	2.9
3	Total kim, logaritmisk, ml ⁻¹ ***) Total plate count, logarithmic, ml ⁻¹	3.7 ^a	0.2	3.7 ^a	0.3
4	Psykrotrofe bakterier, aritmetisk, 10 ³ /ml**) Psychrotrofic bacteria, arithmetic, 10 ³ /ml	1.5 ^a	1.0	1.6 ^a	1.0
5	Psykrotrofe bakterier, logaritmisk, ml ⁻¹ ***) Psychrotrofic bacteria, logarithmic, ml ⁻¹	3.1 ^a	0.3	3.1 ^a	0.4
6	Fedtsyregrad, BDI, mækv./100 g fedt**) Fatty acid degree, BDI, meq/100 g fat	0.76 ^a	0.04	0.62 ^b	0.05
7	Fedtoxidation, TBA-værdi**) Fat oxidation, TBA value	0.016 ^a	0.004	0.016 ^a	0.003
8	C-vitamin, mg/100 ml**) C-Vitamin, mg/100 ml	0.32 ^a	0.04	0.34 ^a	0.048
9	Protein, %**) Protein, %	3.49 ^a	0.01	3.49 ^a	0.01
10	Fedt, %**) Fat, %	4.69 ^a	0.11	4.51 ^b	0.11
11	Celletal, aritmetisk, 10 ³ /ml**) Number of cells, arithmetic, 10 ³ /ml	278 ^a	103	262 ^a	90
12	Celletal, logaritmisk, ml ⁻¹ ***) Number of cells, logarithmic, ml ⁻¹	2.4 ^a	0.18	2.4 ^a	0.19

*) Klassifikation / Scale of sensory classification
 1 = Ingen fejl (tilfredsstillende) / No defects (satisfactory)
 2 = Fejl (mindre tilfredsstillende) / Small defects (less satisfactory)
 3 = Tydelige fejl (ikke tilfredsstillende) / Distinct defects (not satisfactory)

**) a og b: Tal med forskelligt bogstav ved samme kvalitetsparameter er signifikant forskellige (P < 0,05) ved t-test.
 a and b: Figures for one and the same quality parameter with different letters were significantly different (P < 0.05) on t-test

Tabel 5 Fedtkuglestørrelse, middeldiameter (D_{vs}), standardafvigelse (s) og relativ fordelingsbredde i rå mælk, der henholdsvis er kølet ved proces $\bar{A}1$, $\bar{A}2$, $\bar{B}1$, $\bar{B}2$, $\bar{C}1$ og $\bar{C}2$. Hver proces omfatter 5 forsøg
 Fat globule diameter, mean diameter (D_{vs}), standard deviation (s) and distribution width in raw milk, cooled through the processes $\bar{A}1$, $\bar{A}2$, $\bar{B}1$, $\bar{B}2$, $\bar{C}1$ and $\bar{C}2$. Each process consists of 5 tests

Enhed / Unit	Fedtkuglestørrelse / Fat Globule Diameter											
	Proces/Process											
	$\bar{A}1$		$\bar{A}2$		$\bar{B}1$		$\bar{B}2$		$\bar{C}1$		$\bar{C}2$	
	Direkte køling <i>Direct cooling</i>		Forkøling 15°C + Direkte køling <i>Precooling 15°C</i> + <i>Direct cooling</i>		Direkte køling <i>Direct cooling</i>		Forkøling 13°C + Direkte køling <i>Precooling 13°C</i> + <i>Direct cooling</i>		Direkte køling <i>Direct cooling</i>		Forkøling 11°C + Direkte køling <i>Precooling 11°C</i> + <i>Direct cooling</i>	
D_{vs1}	s_1	D_{vs2}	s_2	D_{vs3}	s_3	D_{vs4}	s_4	D_{vs5}	s_5	D_{vs6}	s_6	
Middelværdi, μm <i>Mean value, μm</i>	2.40 ^a	0.03	2.46 ^a	0.01	2.42 ^a	0.02	2.40 ^a	0.02	2.41 ^a	0.04	2.42 ^a	0.04
Relativ fordelings- bredde <i>Distribution width</i>	1.43 ^a	0.01	1.43 ^a	0.02	1.45 ^a	0.01	1.46 ^a	0.02	1.45 ^a	0.02	1.43 ^b	0.02

*) a og b: Tal med forskelligt bogstav under samme kvalitetsparameter er signifikant forskellige ($P < 0,05\%$) ved t-test

*) a and b: Figures for one and the same quality parameter with different letters were significantly different ($P < 0,01$) on t-test

Tabel 6 Størrelsesfordeling af fedtkugler, procent af normalfordeling (%) og standardafvigelse (s) i rå mælk, der henholdsvis er kølet ved proces $\bar{A}1$, $\bar{A}2$, $\bar{B}1$, $\bar{B}2$, $\bar{C}1$ og $\bar{C}2$. Hver proces omfatter 5 forsøg
 Distribution of fat globule diameters, percentage of normal distribution (%) and standard deviation (s) in raw milk, cooled through the processes $\bar{A}1$, $\bar{A}2$, $\bar{B}1$, $\bar{B}2$, $\bar{C}1$ and $\bar{C}2$, respectively. Each process consists of 5 tests

Middel Fedtkuglediameter	Fedtkuglefordeling / <i>Distribution of Fat Globule Diameters</i>											
	Proces/Process											
	$\bar{A}1$		$\bar{A}2$		$\bar{B}1$		$\bar{B}2$		$\bar{C}1$		$\bar{C}2$	
	Direkte køling <i>Direct cooling</i>		Forkøling 15°C + Direkte køling <i>Precooling 15°C</i> + <i>Direct cooling</i>		Direkte køling <i>Direct cooling</i>		Forkøling 13°C + Direkte køling <i>Precooling 13°C</i> + <i>Direct cooling</i>		Direkte køling <i>Direct cooling</i>		Forkøling 11°C + Direkte køling <i>Precooling 11°C</i> + <i>Direct cooling</i>	
μm	% ₁	s ₁	% ₂	s ₂	% ₃	s ₃	% ₄	s ₄	% ₅	s ₅	% ₆	s ₆
0.35 (0-0.39)	0	0		0		0		0		0		0
0.43 (0.39-0.48)	0.13	0.04	0.13	0.03	0.19	0.02	0.23	0.03	0.23	0.05	0.27	0.08
0.53 (0.48-0.59)	0.61	0.08	0.61	0.06	0.73	0.04	0.79	0.04	0.77	0.10	0.78	0.12
0.65 (0.59-0.73)	1.39	0.11	1.38	0.09	1.56	0.05	1.62	0.04	1.60	0.14	1.53	0.17
0.81 (0.73-0.91)	2.61	0.12	2.60	0.12	2.81	0.06	2.87	0.05	2.84	0.18	2.66	0.21
1.00 (0.91-1.12)	4.41	0.15	4.40	0.13	4.61	0.05	4.66	0.06	4.57	0.19	4.33	0.23
1.23 (1.12-1.37)	6.11	0.16	6.13	0.10	6.25	0.04	6.32	0.08	6.14	0.15	6.00	0.12
1.51 (1.37-1.69)	6.87	0.13	6.94	0.14	6.89	0.09	6.92	0.10	6.84	0.25	6.77	0.20
1.86 (1.69-2.08)	8.31	0.33	8.43	0.38	8.23	0.19	8.22	0.16	8.33	0.45	8.35	0.45
2.30 (2.08-2.57)	10.79	0.51	11.06	0.42	10.60	0.26	10.54	0.19	10.85	0.56	10.95	0.56
2.83 (2.57-3.16)	13.81	0.39	13.89	0.42	13.65	0.18	13.55	0.12	13.84	0.39	14.10	0.43
3.49 (3.16-3.90)	15.36	0.11	15.35	0.24	15.22	0.10	15.12	0.17	15.17	0.07	15.52	0.19
4.30 (3.90-4.80)	13.88	0.32	13.78	0.42	13.70	0.34	13.61	0.38	13.44	0.35	13.74	0.34
5.29 (4.80-6.15)	9.50	0.38	9.37	0.40	9.26	0.44	9.17	0.43	9.02	0.41	9.11	0.40
6.52 (6.15-7.28)	4.70	0.30	4.57	0.30	4.48	0.35	4.41	0.33	4.37	0.30	4.31	0.32
8.04 (7.28-8.98)	1.44	0.16	1.38	0.15	1.34	0.18	1.29	0.17	1.27	0.16	1.23	0.18
9.91 (> 8.98)	0	0		0		0		0		0		0

4 Konklusion

Under praktiske forhold er der udført en sammenlignende undersøgelse af rå mælk, der blev forkølet til henholdsvis 15, 13 eller 11°C + efterfølgende direkte køling i mælkekøletank til 4°C, og af mælk, der blev direkte kølet fra 35 til 4°C i løbet af 2 timer, hvilket er bedste klassificering af mælkekøletanke efter European Standard, CEN Draft, 1994. Undersøgelsen udførtes som serieforsøg med normalmælk fra 64 køer, 2 malkninger (hverdagsafhentning), og omfattede sensoriske, bakteriologiske, kemiske og fysiske analyser ud fra anerkendte og dokumenterbare metoder. Undersøgelsen udførtes med mælk af god kvalitet.

Undersøgelsens samlede resultater viste, at der ikke var større forskel mellem de to ovennævnte metoder. Ved forkøling fra 35 til 11°C + direkte køling målttes dog en signifikant lavere fedtsyregrad og en signifikant mere ensartet fedtkuglepartikelfordeling. Det vurderes, at forkøling til 11°C eller lavere temperatur kan give mælken en lille kvalitetsforbedring i forhold til direkte køling. Forkøling fra 35 til 13°C eller 35 til 15°C gav ingen forbedring.

Litteratur

- Anderson, M., 1984. Drinking Water Supply to Housed Dairy Cows. Swedish University of Agricultural Sciences, Report 130, 47-58.
- Aule, O. & Worstorff, H., 1975. Influence of mechanical treatment of milk on quantities of FFA and free fat in the milk, as well as on the separability of the milk. IDF Bulletin Doc. 86, 116-119.
- Elefsen, F., Gudbjerg, E., Guul-Simonsen, F., Hoffbech, M., Jepsen, L., Kirk, B., Laursen, M., Madsen, N.P. & Pallesen, H., 1994. Vedligeholdelse af mælkekøleanlæg. Udredningsrapport, Statens Jordbrugstekniske Forsøg og Mejeri- og Levnedsmiddelinstituttet (KVL), 17 pp.
- European Standard. CEN Draft, 1994. Bulk milk coolers on farms. Construction, performance, suitability for use, safety and hygiene. CEN/TC 153/WG8 N68, 33 pp.
- Fitz-Gerald, C.H., 1974. Milk lipase activation by agitation-influence of temperature. Australian Journal of Dairy Technology. March, 28-32.
- Griffiths, M.W., Philips, J.D. & Muir, D.D., 1987. Effect of low-temperature storage on the bacteriological quality of raw milk. Food Microbiology 4, 285-291.
- Gudbjerg, E. & Guul-Simonsen, F., 1993. Mælkekøling, Projekt Elgård. De 13 Elseskaber og Statens Jordbrugstekniske Forsøg, 40 pp.
- Guul-Simonsen, F., Christiansen, P.S., Edelsten, D., Kristiansen, J.R., Madsen, N.P., Nielsen, E.W. & Petersen, L., 1996. Cooling, storing and quality of raw milk. Acta Agriculturae Scandinavica, Section A. Animal Science, No. 2, 105-110.
- Guul-Simonsen, F., Christiansen, P.S., Edelsten, D., Kristiansen, J.R., Madsen, N.P., Nielsen, E.W. & Petersen, L., 1995. SH-Forskningsrapport nr. 39, 61 pp.
- IDF Monograph, 1974. Bacteriological quality of cooled bulk milk. IDF Doc. 83, 38 pp.
- International IDF Standard 100 B, 1991. Colony Count Technique at 30°C, 3 pp.
- International IDF Standard 101 A, 1991. Colony Count Technique at 6.5°C, 3 pp.
- International IDF Standard 141 B, 1990. Determination of Milk Fat, Protein and Lactose Content, 7 pp.
- International Standard, ISO 5708, 1983. Refrigerated bulk milk tanks, 20 pp. ≡ DIN 8968, 1983. Behälter - Kühlanlagen für frisch ermolkenne Milch, 19 pp. ≡ DS 5708, 1985. Mælkekøletanke, 20 pp.
- King, R.L., 1962. Determination of Oxidation in Milk. Method of TBA. Journal of Dairy Science 45, 1165-1171.
- Kurzweil, R. et al., 1973. Keimgehalt und Florazusammensetzung der frisch ermolkenen Milch. Milchwissenschaft, 28 (7), 427-431.
- Kuzdzal-Savoie, S., 1980. Determination of free fatty acids in milk and milk products. IDF Bulletin Doc. 118, 60-61.
- Mabbitt, L.A., 1980. The bacteriological quality of raw milk. IDF Bulletin, Doc. 120, 30.
- MDU Analyseforskrift, 1997. Partikelmålinger i flydende produkter. MD Foods Udviklingscenter, 7 pp.

- Muir, D.D., Kelly, M.E. & Philips, J.D., 1978. The effect of storage temperature on bacterial growth and lipolysis in raw milk. *Journal of the Society of Dairy Technology*, 31, 203-208.
- Nielsen, E., Waagner & Edelsten, D., 1992. *Mejerikemiske analysemetoder I. Jordbrugsforlaget, København*, 208 pp.
- Rowe, M.T., Johnston, D.E., Kilpatrick, D.J., Dunstall, G. & Murphy, R.J., 1990. Growth and extracellular enzyme production by psychrotrophic bacteria in raw milk stored at low temperature. *Milchwissenschaft* 45, 495-499.
- Rudemo, M., 1979. *Statistics and Calculus of Probabilities. DSR Forlag, København*, 202 pp.
- Statens Forsøgsmejeri, 1962. Lipasevirksomhed i mælk og nogle mælkeprodukter. Beretning nr. 136, 58 pp.
- Statens Levnedsmiddelinstitut, 1973. (Levnedsmiddelstyrelsen 1997) Bestemmelse af askorbinsyre ved titrering med 2,6 -diklorphenol -indephenol. Metode nr. AV0031. 4 pp.
- Suhren, G., Heeschen, W. & Tolle, A., 1975. Free fatty acids in milk and bacterial activity. *IDF Doc.* 86, 51-57.
- Tuckey, S.L. & Stadhouders, J., 1967. Increase in the sensitivity of the organoleptic detection of lipolysis in cows' milk by culturing or direct acidification. *Neth. Milk Dairy Journ.* 21, 158-165.
- Veterinærdirektoratets Bekendtgørelse nr. 418 af 23. juni 1993. Bekendtgørelse om produktion og transport af mælk, 8 pp.
- Veterinærdirektoratets Instruks af 2. januar 1990 og med ændring af 7. januar 1991. Celletal, 9 pp.
- Veterinærdirektoratets Instruks af 2. januar 1990. Syn, lugt og smag, 2 pp.
- Walstra, P., 1975. Effect of homogenization on the globule size distribution in milk. *Neth. Milk Dairy Journ.* 29, 279-294.

50,- kr.