(19) DANMARK

(12) FREMLÆGGELSESSKRIFT (11) 165306 B

Patentdirektoratet
TAASTRUP

(21) Patentansøgning nr.: 0167/85

(22) Indleveringsdag: 14 jan 1985

(41) Alm. tilgængelig: 21 jul 1985

(44) Fremlagt: 02 nov 1992

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 20 jan 1984 JP 7334/84

(51) Int.Cl.5 G 01 N 25/18
G 01 N 33/04

(71) Ansøger: *SNOW BRAND MILK PRODUCTS CO., LTD.; 1-1, Naebo-cho 6-chome; Higashi-ku; Sapporo-shi; Hokkaido, JP

(72) Opfinder: Tomoshige *Hori; JP, Masatoshi *Kako; JP, Hiromichi *Hayashi; JP

(74) Fuldmægtig: Lehmann & Ree A/S

(54) Fremgangsmåde til måling af ændringer i en fysisk egenskab for væsker og halvfaste materialer

(56) Fremdragne publikationer

---

(57) Sammendrag:

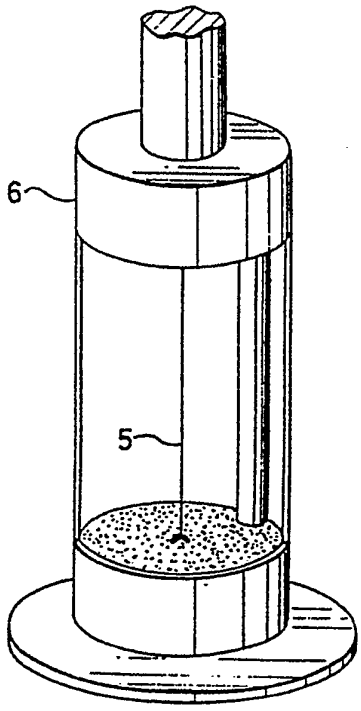
167-85

En fremgangsmåde til måling af ændringer i en fysisk egenskab for en væske eller et halvfast materiale indbefatter, at en tynd metaltråd anbringes i materialet, at en elektrisk strøm sendes gennem den tynde metaltråd på en sådan måde, at temperaturforskellen mellem materialet og den tynde metaltråd holdes konstant, at intensiteten af den elektriske strøm måles, og at varmeoverføringskoefficienten ved den tynde metaltråds overflade beregnes på basis af den målte intensitet af den elektriske strøm, og at ændringer i en fysisk egenskab for materialet derved detekteres. Denne fremgangsmåde gør det for eksempel muligt at detektere ændringer i den kinematiske viskositetskoefficient for et levnedsmiddel, der er tilvejebragt i form af en gel eller ændringer i tilstanden ved thrombedannelse i et blodkar.

DK 165306 B

fortsættes

FIG. 1 167-85



Den foreliggende opfindelse angår en fremgangsmåde til måling af ændringer i en fysisk egenskab for mælk, gel-agtige fødevarer eller biologiske væsker indeholdt i en beholder uden at destruere materialets oprindelige tilstand.

Almindeligvis er en fysisk egenskab (for eksempel viskositetskoefficienten) for en væske eller et halvfast materiale blevet målt ved at rotere en cylinder eller en kugle i en prøve, der skal testes, eller ved at lade en kugle falde frit i prøven.

Review of Scientific Instruments, Volume 49, Nr. 10, Oktober 1978, side 1460-1463, beskriver en fremgangsmåde til måling af den fysiske tilstand af væsker og luftarter ved brug af varmetrådsteknik med indsvingningsstrøm.

Disse fremgangsmåder har imidlertid den iboende ulempe, at, når prøven er tilvejebragt i halvfast form, selve prøven nedbrydes som følge af målingen. For eksempel må der i tilfældet med et bearbejdet levnedsmiddel, hvis viskositet ændres i løbet af bearbejdningen, udvises den største forsigtighed med kontrollen af dens viskositets opførsel, hvad enten levnedsmidlerne er væsker eller halvfaste materialer. Men ved målingen af dets viskositetskoefficient for ovennævnte kontrolformål kan den indre struktur af selve det bearbejdede levnedsmiddel ofte blive nedbrudt. Følgeligt er den fysiske egenskab (for eksempel viskositetskoefficienten), der er bestemt ved at analysere måleresultaterne, der er opnået med destruktion af dets indre struktur, uanvendelige til at forudsige ændringer i viskositeten af et bearbejdet levnedsmiddel, som ikke undergår nogen destruktion, eller som nedbrydes med en helt anden anden hastighed.

I de tilfælde hvor det drejer sig om en fysisk egenskab for materialer (som for eksempel et biologisk væv og lignende), hvis egenskaber ændres med tiden, kan ovennævnte fremgangsmåde, der medfører en destruktion af prøven, kun evaluere den fysiske egenskab ved et specifikt tidspunkt, og giver ikke mulighed for at forudsige dens ændringer med tiden. Det vil sige ændringer i en fysisk egenskab for sådanne materialer skal måles tidstro og kontinuerligt.

For at måle råmælks koaguleringsgrad ved fremstilling af ost og yog-

hurt uden at ændre ostemassen ved påtrykning af en ydre kraft eller ved at nedbryde den er der tidligere udviklet en fremgangsmåde, der er beregnet til detektering af ændringer i mælkens koaguleringsgrad, og som indbefatter at en tynd metaltråd anbringes i mælk, der koaguleres, at en elektrisk strøm intermitterende eller kontinuert sendes gennem den tynde metaltråd, og at temperaturforøgelsen i den tynde metaltråd måles efter et tidsforløb (EP-A 14443).

Selv om denne fremgangsmåde er anvendelig til måling af mælks koaguleringsgrad, har den ingen praktisk anvendelse ved måling af ændringer i en fysisk egenskab for systemer, der undergår store ændringer eller systemer, der er meget temperaturfølsomme (for eksempel biologiske systemer), da temperaturstigningen, der er forårsaget af den elektriske strøm gennem ovennævnte tynde metaltråd, kan medføre en termisk destruktion. Selv i det tilfælde hvor denne fremgangsmåde anvendes til at måle mælks koaguleringsgrad, kan der fremkomme adskillelse af valle fra ostemassen på grund af den overskydende varme, der er forårsaget af den elektriske strøm gennem den tynde metaltråd.

Den foreliggende opfindelse er tilvejebragt under hensyn til ovennævnte tekniske stade, og det er derfor formålet med opfindelsen at tilvejebringe en fremgangsmåde for tidstro og kontinuert måling af ændringer i en fysisk egenskab for et stort antal væsker og halvfaste materialer ikke alene omfattende mælk men også biologiske systemer, og således som beskrevet ovenfor uden mekanisk eller termisk nedbrydning af disse materialers oprindelige tilstand.

I overensstemmelse med det væsentligste træk ved den foreliggende opfindelse måles ændringer i en fysisk egenskab for en væske eller et halvfast materiale ved at en tynd metaltråd anbringes i materialet, at en elektrisk strøm kontinuert eller intermitterende sendes gennem den tynde tråd på en sådan måde, at temperaturforskellen mellem materialet og den tynde metaltråd holdes konstant, at den elektriske strøms intensitet måles, og at varmeoverføringskoefficienten ved den tynde metaltråds overflade udregnes på basis af den målte intensitet af den elektrisk strøm, og at ændringer i en fysisk egenskab for materialet derved detekteres.

Det skal bemærkes, at US patentskrift nr. 4.185.490 beskriver en lige-

vægtmetode til at måle den termiske ledeevne for en luftart. Intet i dette skrift beskriver løsningen af problemer omkring termiske destruktion.

Opfindelsen vil herefter blive forklaret nærmere under henvisning til den medfølgende tegning, hvor

fig. 1 viser et perspektivisk billede af en sensor, der indeholder en tynd metaltråd, der er beregnet til brug ved fremgangsmåden ifølge den foreliggende opfindelse,

fig. 2 en graf, der viser forbindelserne mellem den relative kinematiske viskositetskoefficient, der er målt ved fremgangsmåden ifølge den foreliggende opfindelse, og behandlingstiden med løbe,

fig. 3 et skematisk diagram til belysning af et måleapparat, der er beregnet til brug ved fremgangsmåden ifølge den foreliggende opfindelse, og

fig. 4 og 5 billeder til belysning af en udførelsesform for den foreliggende opfindelse til detektering af tilstanden for trombedannelse på indersiden af et kunstigt blodkar.

I fig. 1 indikerer henvisningbetegnelserne 5 og 6 en tynd metaltråd henholdsvis en cylinder af rustfrit stål. I fig. 3 indikerer henvisningsbetegnelserne 7,8 og 9 en prøve, et termostatisk reguleret bad henholdsvis en sensor. I fig. 4 og 5 indikerer henvisningbetegnelserne 1,2,3 og 4 et kunstigt blodkar, en tynd platintråd, blod henholdsvis en thrombe.

De materialer, hvortil den foreliggende fremgangsmåde til måling af ændringer i en fysisk egenskab kan anvendes, indbefatter for eksempel gel-lignende levnedsmidler, såsom ost, yoghurt, hytteost af soyabønnemælk, gelé, budding osv.; samt biologiske fluider, såsom blod osv. Desuden er fremgangsmåden ifølge den foreliggende opfindelse også anvendelig til at undersøge størkningsgraden af en klæbende kunstharpiks (som for eksempel en epoxykunstharpiks), der er indsprøjtet på et sted, hvor den ikke kan ses fra ydersiden, flødes piskede tilstand, den piskede og størknede tilstand for iscremeblanding, forekomst af størkning af fløde i overføringsrør og lignende.

Fremgangsmåden ifølge den foreliggende opfindelse er baseret på prin-

cippet om, at en fysisk egenskab, som for eksempel den kinematiske viskositetskoefficient ν (m^2/s), der er defineret som forholdet mellem viskositetskoefficienten η (Pa·s) og vægtfylden ρ (kg/m^3), kan bestemmes ved direkte måling af opførslen af varmeoverføring ved fri konvektion omkring en tynd metaltråd, der er anbragt og fastholdt i en væske eller et halvfast materiale, således som beskrevet ovenfor, det vil sige varmeoverføringskoefficienten $\alpha(W/m^2 \cdot k)$ ved den tynde metaltråds overflade.

Generelt kan de fysiske mængder gøres mindre temperaturafhængige ved, at de divideres med vægtfylden. Følgeligt har den kinematiske viskositetskoefficient en relativ lav grad af temperaturafhængighed i sammenligning med viskositetskoefficienten, som er signifikant afhængig af temperaturen, hvilket således gør det muligt at detektere ændringer i den fysiske egenskab med større nøjagtighed og validitet.

I denne forbindelse har det været almindeligt at måle et materiales kinematiske viskositetskoefficient ved hjælp af et kapillarrørs viskosimeter. Da denne metode så at sige er en statisk metode, er målinger i systemer, hvor den kinematiske viskositetskoefficient ændrer sig med tiden, umulig. Desuden er omfanget af målelige værdier begrænset til højst en størrelsesorden. Endvidere skal der tilvejebringes flere kapillarrørs viskosimetre i forhold til forventede værdier for den kinematiske viskositetskoefficient for materialer, der skal testes.

Ifølge den foreliggende opfindelse anvendes temperaturforskellen mellem en væske eller et halvfast materiale, der skal testes, og en deri tilvejebragt tynd metaltråd til at beregne varmeoverføringskoefficienten ved den tynde metaltråds overflade og materialets kinematiske viskositetskoefficient på den herefter beskrevne måde. Den tynde metaltråd, der anvendes til dette formål, har en diameter mellem 0,03 og 2 mm og indbefatter fortrinsvis platin. Hvis det ønskes at isolere den tynde metaltråd elektrisk, såfremt det er hensigtsmæssigt for operationen, kan den overfladebelægges med en meget tynd elektrisk isolerende film, der har en tykkelse, der er lig med 1/10 eller mindre af den tynde metaltråds diameter.

Når hastigheden for temperaturændring ($\frac{\partial \theta}{\partial t}$) i forhold til tiden er 0, er varmeoverføringskoefficienten α ved en tynde metaltråds overflade

givet ved følgende ligning (2), der er afledt fra den analytiske løsning af Fourier's ligning for varmeoverføring (1) i et cylindrisk koordinatsystem.

$$\left(\frac{\partial\theta}{\partial t}\right) = a\Delta^2\theta \qquad (1)$$

$$\alpha = \frac{W \cdot d}{4\Delta\theta} \qquad (2)$$

hvor θ er temperaturen, (^{o}C), t er tiden (s), a er temperaturledningstal (m^2/s), W er varmemængden (W/m^2), der er dannet i den tynde metaltråd, og d er diameteren (m) af den tynde metaltråd.

Hvis W og d er kendte, kan varmeoverføringskoefficienten følgeligt udregnes fra temperaturforskellen $\Delta\theta$ ifølge ovenstående ligning (2).

På den anden side anbringes en tynd metaltråd (for eksempel en tynd platintråd) og fastholdes i destilleret vand, som har en pålidelig værdi for den fysiske egenskab. Derefter sendes konstante strømme (for eksempel konstant jævnstrøm) med forskellige intensiteter gennem den tynde platintråd for at måle temperaturforskellen $\Delta\theta$ mellem det destillerede vand og den (opvarmede) tynde platintråd i hvert tilfælde. Således kan der tilvejebringes en ligning, der forbinder Nusselt tallet Nu (et dimensionsløst tal, der er afledt fra varmeoverføringskoefficienten) og Grashof tallet Gr (en dimensionsløs størrelse, der er afledt fra den kinematiske viskositetskoefficient), det vil sige, at følgende ligning (3) generelt udtrykker varmeoverføringsfænomenet ved fri konvektion.

$$Nu = C_1 Gr^{C_2} \qquad (3)$$

hvor C_1 og C_2 er konstanter.

Nusselt tallet Nu og Grashof tallet Gr er givet ved følgende ligninger

$$Nu = \frac{\alpha d}{\lambda} \qquad (4)$$

$$Gr = \frac{d^3 g \beta \Delta\theta}{\nu^2} \qquad (5)$$

hvor λ er varmeoverføringshastigheden (w/mk), g er tyngdeaccelerationen

(m/s^2), β er den kubiske udvidelseskoefficient (1/K), og ν er den kinematiske viskositetskoefficient (m^2/s).

Således kan, fra ovenstående ligninger (2) - (5), den kinematiske viskositetskoefficient ν for det materiale, der testes, udtrykkes ved følgende ligning:

$$\nu^2 = d^3 g\beta \left[\frac{R_0(1+\alpha_w \cdot \theta_w) i^2}{C_1 \pi \lambda d l} \right]^{-\frac{1}{C_2}} \Delta\theta^{1+\frac{1}{C_2}} \qquad (6)$$

hvor R_0 er den elektriske modstand (Ω) ved 0^oC for den tynde metaltråd (for eksempel en tynd platintråd), der anvendes som sensor, θ_w er temperaturen (^oC) i den tynde metaltråd, α_w er temperaturkoefficienten (1/K) for den tynde metaltråds elektriske modstand, i er intensiteten (A) af den elektrisk strøm, der passerer gennem den tynde metaltråd, og l er længden (m) af den tynde metaltråd.

I ovenstående ligning (6) er d, g, R_0, α_w og l altid konstante og desuden er ændringer i β og λ ubetydeligt små for gel-lignende levnedsmidler, som beskrevet ovenfor. Som følge heraf betragtes den kinematiske viskositetskoefficient ν som værende en funktion alene af i og $\Delta\theta$ og kan udtrykkes ved følgende ligning:

$$\nu^2 = C_3 i^{-\frac{2}{C_2}} \Delta\theta^{1+\frac{1}{C_2}} = f(i,\Delta\theta) \qquad (7)$$

hvor C_3 er en konstant.

Herefter vil resultaterne af et eksperiment, der er udført for at bekræfte nøjagtigheden af den ν-værdi, som er givet ved ovenstående ligning (7), blive beskrevet.

Eksperimentel fremgangsmåde:

En tynd platintråd med en diameter på 0,1 mm og en længde på 106 mm (R_0 = 1,36965Ω), α_w = 3,8166 x 10^{-3} 1/K) blev fastgjort i en beholder af rustfrit stål med en indre diameter på 50 mm, således som vist i fig. 1. Den således konstruerede sensor blev neddykket i destilleret vand med temperatur varierende fra 4,4°C til 51,9°C og Nusselt tallet og Grashof tallet blev målt ved at sende en jævnstrøm på 0,5 - 1,0 A gennem den tynde platintråd. Som følge heraf opnås den følgende regressionsligning med en høj grad af signifikans:

$$Nu = 1{,}21\ Gr^{0{,}221} \qquad (8)$$

Fra ligningen (8) kan konstanterne C_1 og C_2 i ovenstående ligning (3) således bestemmes som værende 1,21 henholdsvis 0,221.

Dernæst blev sensoren anbragt i genfortyndet skummetmælk (30°C, pH 6,59) med et totalt faststofindhold på 10%, og en konstant jævnstrøm på 0,7 A blev sendt gennem den tynde platintråd. Umiddelbart efter strømmen var sluttet, nåede den tynde platintråds temperatur en ligevægtsværdi på 36,94°C, hvilket gav en temperaturforskel Δθ på 6,94 K. Ifølge en konventionel procedure blev den kubiske udvidelseskoefficient β og varmeledningsevnen λ for skummetmælken på den anden side bestemt til at være 4,32 x 10^{-4} 1/K henholdsvis 0,596 w/mk. Ved hjælp af disse værdier blev koefficienten C_3 i ovenstående ligning (7) bestemt til 9,54 x 10^{-19}. Ved at substituere Δθ = 6,94 K, i = 0,7 A og C_2 = 0,221 i ligningen (7) blev den kinematiske viskositetskoefficient ν for skummetmælken derefter udregnet til (1,04 ± 0,31) x 10^{-6} m^2/s. Denne udregnede værdi er i god overensstemmelse med den målte værdi på 1,368 x 10^{-6} m^2/s, som blev opnået ved hjælp af et kapillarrørs viskosimeter.

Fra ovennævnte ligninger kan det ses, at hvis temperaturforskellen Δθ mellem en tynd metaltråd, der anvendes som sensor og en væskeformer eller halvfast prøve af et materiale, der skal testes, holdes konstant, og hvis β og λ værdierne for nævnte prøve på forhånd er bestemt i overensstemmelse med en konventionel procedure, kan prøvens kinematiske viskositetskoefficient direkte opnås fra ovenstående ligning (7) ganske enkelt ved at måle intensiteten i af deñ elektriske strøm, der passe-

rer gennem den tynde metaltråd.

Temperaturen θ_w i den tynde metaltråd kan findes ved at måle spændingen V over den tynde metaltråd og derefter beregne temperaturen i overensstemmelse med følgende ligning

$$\theta_w = (V/iR_0-1)/\alpha_w \qquad (9)$$

Selv hvis værdien for C_3 (det vil sige værdierne for β og λ) er ukendt, kan den relative ændring ν^* (-) i den kinematiske viskositetskoefficient endvidere findes, når ovenstående ligning omskrives som følger:

$$\nu^* = \left(\frac{i}{i_0}\right)^{\frac{1}{C_2}} \qquad (10)$$

hvor $\Delta\theta$ er konstant og i_0 repræsenterer udgangsintensiteten (A) af den elektriske strøm, der passerer gennem den tynde metaltråd. Således som beskrevet ovenfor anbringes, i overensstemmelse med fremgangsmåden ifølge den foreliggende opfindelse, en tynd metaltråd i en væske eller et halvfast materiale, en strøm sendes gennem den tynde metaltråd for at opvarme den på en sådan måde, at temperaturforskellen $\Delta\theta$ mellem materialet og den tynde metaltråd holdes konstant, og den elektriske strøms intensitet måles, hvorved ændringer i en fysisk egenskab for materialet direkte kan detekteres som ændringer i varmeoverføringskoefficienten ved den tynde metaltråds overflade. Det vil sige, at ændringer i en fysisk egenskab for materialet kan måles tidstro og kontinuert uden at forårsage, at materialets indre struktur nedbrydes mekanisk eller termisk i nogen væsentlig grad.

Følgeligt kan fremgangsmåden ifølge den foreliggende opfindelse, hvori ovennævnte tynde metaltråd anvendes som sensor, inkorporeres i automatiserede processer til fremstilling af gel-lignende levnedsmidler (som for eksempel ost, yoghurt, hytteost af soyabønnemælk, gele, budding osv.), hvori ændringer i den kinematiske viskositet er væsentlige for kvaliteten, hvorved parametre (som for eksempel koaguleringshas-

tigheder), der angår disse levnedsmidlers omdannelse fra en væske til en halvfast tilstand, kan evalueres præcist med tidsforløbet.

I denne forbindelse har det været almindelig praksis ved fremstilling af sådanne gel-lignende levnedsmidler at bestemme passende gel-dannende betingelser empirisk og anvende disse som indicier ved fremstillingen deraf. Hvis en teori svarende til den for varmeoverføring ved fri konvektion anvendes ifølge den procedure, der er anvist med den foreliggende opfindelse, kan den kinematiske viskositetskoefficient derimod beregnes som en fysisk mængde ud fra varmeoverføringskoefficienten, som så at sige er en tilstandsstørrelse. Dette gør det muligt, at bestemme de optimale gel-dannende tilstande baseret på videnskabeligt grundlag.

Ved fremgangsmåden ifølge den foreliggende opfindelse kan ændringer i ovennævnte varmeoverføringskoefficient desuden anvendes som sådan til at detektere ændringer i en fysisk egenskab for biologiske fluider inklusiv blod. I en udførelsesform, således som vist i fig. 4 og 5, er en tynd metaltråd (som for eksempel en tynd platintråd) 2 fastgjort i væggen eller inde i boringen af et kunstigt blodkar 1. Derefter kan aflejringen af "smuds" (det vil sige dannelsen af en thrombe) på blodkarrets inderside observeres direkte ved at måle ændringer i intensiteten i af den elektriske strøm, der passerer gennem den tynde metaltråd ved hjælp af fremgangsmåden ifølge den foreliggende opfindelse. I disse figurer indikerer henvisningsbetegnelserne 3 og 4 blodet henholdsvis en thrombe. Dette er baseret på den kendsgerning, at dannelsen af en thrombe på indersiden af et blodkar ændrer blodkarrets overfladetilstand, hvilket medfører en ændring i varmeoverføringskoefficienten.

Målingerne kan, hvad enten de er udføres in vitro eller in vivo, udføres tidstro og kontinuert uden at nedbryde materialet, der testes. Således kan dannelsen af en thrombe på indersiden af et blodkar observeres uden at obducere genstanden efter dens død eller ofring, således som det hidtil har været sædvane.

Følgeligt kan det med sikkerhed siges, at fremgangsmåden ifølge den foreliggende opfindelse er anvendelig ved studiet og udviklingen af kunstige blodkar, kunstige hjerter samt materialer dertil.

Det kan i denne forbindelse nævnes, at udover undersøgelse ved obduktion, er der også gjort forsøg på at detektere dannelsen af en thrombe ved kirurgisk at implantere et elektromagnetisk flowmeter i et levende legeme og detektere eventuelle thrombedannelser på basis af ændringer i blodets strømningshastighed. Ud fra et praktisk synspunkt har det imidlertid været vanskeligt at detektere et tidligt trin af thrombedannelsen på grund af utilstrækkelig detekteringsfølsomhed. I modsætning hertil muliggør fremgangsmåden ifølge den foreliggende opfindelse en følsom detektering selv af en sådan mængde smuds, som ikke kan opfattes med det blotte øje, det vil sige en aflejring af thrombocytter kan observeres på et meget tidligt trin af thrombedannelsen.

Udover ovennævnte anvendelser gør fremgangsmåden ifølge den foreliggende opfindelse det muligt at fraktionere fedtstoffer, olier og smør i overensstemmelse med deres smeltepunkter og at undersøge tilstanden af fedtkugler og lignende. Endvidere kan ændringer i den indre struktur af forskellige væsker og halvfaste materiale inklusiv biologiske fluider også måles kontinuert og nøjagtigt ved en enkel procedure.

Den foreliggende opfindelse er yderligere illustreret ved hjælp af følgende eksempler.

Eksempel 1.

Dette eksempel illustrerer målingen af ændringer i viskositeten af skummetmælk under dets koaguleringsproces.

En platintråd med en diameter på 0,1 mm og en længde på 106 mm (R_0 = 1,36965Ω, α_w = 3,8166 x 10^{-3} L/K) blev fastgjort inde i en cylindrisk beholder af rustfrit stål med en inderdiameter på 50 mm, således som vist i fig. 1. Den således konstruerede sensor blev anbragt og fastholdt i en prøve af genfortyndet skummetmælk med et totalt faststofindhold på 10%. Til denne skummetmælksprøve blev tilført 4000 eller 200.000 enheder/kg af mælkkoaguleringsenzymet chymosin [EC 3.4.23.4; en tilberedning med en renhed på ca. 95% blev anvendt, og en enhed (ca. 17 ng) deraf var i stand til at koagulere 10 ml råmælk (30°C) på et minut]. I hvert tilfælde fik skummetmælksprøven lov til at koagulere ved 30°C i to timer, i hvilket tidsrum intensiteten i af den elektrisk strøm, der var nødvendig for at holde temperaturforskellen Δθ

mellem platintråden og skummetmælksprøven ved 6,94 K (i_0 = 0,7 A), blev målt. Ved anvendelse af de målte værdier, blev den kinematiske viskositetskoefficient for skummetmælken, der blev koaguleret, udregnet fra ovenstående ligning (10) for at undersøge dens ændring kontinuerligt. Således som vist i fig. 2, viste det sig, at den kinematiske viskositetskoefficient blev forøget til en faktor på ca. 5,5 henholdsvis ca. 6,5.

Fra dette eksempel ses, at fremgangsmåden ifølge den foreliggende opfindelse hverken gør det nødvendigt at deformere ostemassen ved påtrykning af en ydre kraft eller at nedbryde ostemassen og frembringer heller ingen adskillelse af vand fra ostemassen på grund af overdreven opvarmning, der er forårsaget af den elektriske strøm, der passerer gennem platintråden, hvilket således muliggør en nøjagtig og kontinuert måling af ændringer i viskositeten for mælken, der koaguleres.

Fig. 3 viser et skematisk billede af apparatet, der blev anvendt til de ovenfor beskrevne målinger. I denne figur er skummetmælksprøven, det termostatiske regulerede bad, der indeholder denne, og platintråden, der blev anvendt som sensor, indikeret ved 7,8 henholdsvis 9. Henvisningbetegnelserne 10,11,12,13 og 14 indikerer en spændingsmålingsenhed, en reguleringsenhed, en kraftforsyningsenhed, en indikatorenhed henholdsvis et automatisk reguleringssystem. Ovennævnte temperaturforskel $\Delta\theta$ blev opnået i forhold til temperaturen af skummetmælksprøven, hvilken kontinuerligt blev målt med et platinmodstandstermometer og temperaturen af platintråden (sensoren), som blev udregnet fra ovenstående ligning (9). Det er underforstået, at målingen af temperaturforskellen $\Delta\theta$ ikke er begrænset til den ovenfor beskrevne procedure, men en hvilken som helst anden procedure kan anvendes til dette formål.

Eksempel 2.

Til råmælk med et totalt faststofindhold på 12,0 ± 0,4% og et fedtindhold på 3,5 ± 0,1% blev der til tilført 0,5 vægtprocent mælkesyrebakterierstarter (med en aciditet på 0,87 og en pH på 4,53) samt 0.0035 vægt% (ca. 5000 enheder/kg mælk) løbe. Medens mælken fik lov til at koagulere ved en temperatur på 31°C, blev den relative kinematiske viskositetskoefficient ν^* for ostemassen målt ved anvendelse af samme

sensor, som blev anvendt i eksempel 1 følgende den samme procedure, som beskrevet i eksempel 1. På den anden side blev den optimale tid for udskæring af ostemassen (det vil sige den optimale viskositet af mælken, der koaguleres) bestemt organoleptisk af en fagmand. Derefter blev forbindelsen mellem den relative kinematiske viskositetskoefficient målt, således som ovenfor, og det optimale tidspunkt for udskæring undersøgt fire gange.

Som følge heraf blev værdierne af ν^* ved det organoleptisk bestemte optimale tidspunkt for udskæringen af ostemassen (ca. 60 minutter efter tilførslen af løbe) gentagne gange fundet at være lig med ca. 9,2.

Følgelig kan fremgangsmåden ifølge den foreliggende opfindelse, i processen til koagulering af mælk ved tilførsel af løbe, anvendes til at måle ν^* værdien for mælken kontinuert. Derved kan ostemasseudskæring ved det optimale tidspunkt opnås uden afhængighed af en organoleptisk bedømmelse af en fagmand ved at udskære ostemassen lige så snart ν^*, der forøges gradvist fra sit begyndelse på 1, har nået værdien 9,2.

I denne forbindelse kan det nævnes, at ostemassens vandindhold varierer væsentligt i overensstemmelse med udskæringstidspunktet. For eksempel varierer vandindholdet i grøn ost med udskæringstidspunktet, således som vist i følgende tabel.

TABEL

Udskæringstidspunkt (tid der er gået efter tilførslen af løbe, minutter)	Vandindhold i grøn ost (%)
50	48,0
60	49,2
80	50,3

Hvis vandindholdet i grøn ost er for stor, kan uønskede bakterier vokse under modningen eller modningshastigheden kan blive alt for stor. Hvis vandindholdet, på den anden side er for lavt, kan modningsforløbet blive forhindret. Da ostens slutkvalitet vil blive ødelagt i begge tilfælde, er det meget væsentligt for fremstilling af ost med god og konstant kvalitet at detektere det optimale tidspunkt for udskæring af

ostemassen.

Således vil det ved fremgangsmåden ifølge den foreliggende opfindelse være muligt at frembringe ost med en ensartet god kvalitet. Hvis fremgangsmåden ifølge den foreliggende opfindelse er inkorporeret i en proces til fremstilling af ost, kan processen desuden automatiseres ved at erstatte de hidtil anvendte åbne ostekar med et lukket kar med stor størrelse.

Eksempel 3.

Dette eksempel illustrerer anvendeligheden af fremgangsmåden ifølge den foreliggende opfindelse til detektering af tilstanden for thrombedannelsen i et blodkarsystem. I et simulationseksperiment, der indbefatter processen ved thrombedannelsen i et kunstigt blodkarsystem, blev mælk, der empirisk er kendt som værende i stand til at erstatte blod samt et kunstigt blodkar, der indbefatter et siliconerør, anvendt til at måle ændringer i mængden af koaguleret mælk, som var aflejret på rørets inderside.

Således som vist i fig. 4 og 5 indeholdt et kunstigt blodkar 1 et siliconerør med en indre diameter på 10 mm og en vægtykkelse på 2 mm, og en platintråd 2 med en diameter på 0,1 mm og en længde på 130 mm blev implanteret i rørets væg i en dybde på 0,3 mm fra dets inderside. Til genfortyndet skummetmælk ($36^{o}C$) med en totalt faststofindhold på 10% blev der tilført 0,2 vægtprocent (ca. 300.000 enheder/kg mælk) løbe. Umiddelbart herefter blev den koagulerede mælk tvunget til at strømme gennem ovennævnte kunstige blodkar 1 med en strømningshastighed på ca. 10 cm/s. Samtidigt blev en elektrisk strøm sendt gennem ovennævnte platintråd. Således viste intensiteten af den elektriske strøm (i_0 = 0,6 A), der var nødvendigt for at holde temperaturforskellen $\Delta\theta$ mellem mælken og platintråden ved $3^{o}C$, en formindskelse på 16,1%.

Patentkrav.

1. Fremgangsmåde til måling af ændringer i en fysisk egenskab for mælk, gel-agtige fødevarer eller biologiske væsker indeholdt i en beholder, kendetegnet ved, at metoden indbefatter, at en metaltråd (2,5) anbringes i materialet, og at en elektrisk strøm intermitterende eller kontinuerligt sendes gennem metaltråden på en sådan måde, at temperaturforskellen mellem materialet og metaltråden (2,5) holdes konstant, at intensiteten af den elektrisk strøm måles, og at varmeoverføringskoefficienten ved metaltrådens overflade udregnes på basis af den målte intensitet af den elektriske strøm, hvorved ændringer i en fysisk egenskab for materialet derved detekteres.

2. Fremgangsmåde ifølge krav 1, kendetegnet ved, at ændringer i den kinematiske viskositetskoefficient for en gel-agtig fødevare detekteres.

3. Fremgangsmåde ifølge krav 1, kendetegnet ved, at den biologiske væske er blod (3), at beholderne er et kunstigt blodkar, og at ændringer i tilstanden ved thrombedannelse i det kunstige blodkar (1) detekteres.

4. Fremgangsmåde ifølge et hvilket som helst af de foregående krav, kendetegnet ved, at metaltråden er belagt med en elektrisk isolerende film.

5. Fremgangsmåde ifølge et hvilket som helst af de foregående krav, kendetegnet ved, at metaltråden er en tynd platintråd.

6. Fremgangsmåde ifølge et hvilket som helst af de foregående krav, kendetegnet ved, at den elektriske strøm er en jævnstrøm.

7. Fremgangsmåde ifølge et hvilket som helst af de foregående krav, kendetegnet ved, at tråden har en diameter på mellem 0,03 og 2 mm.

FIG. 1

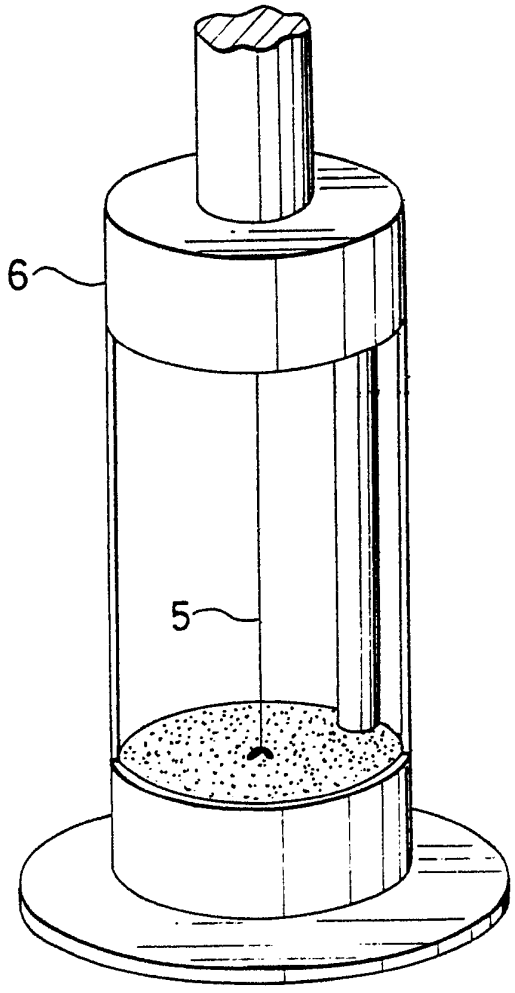


FIG. 2

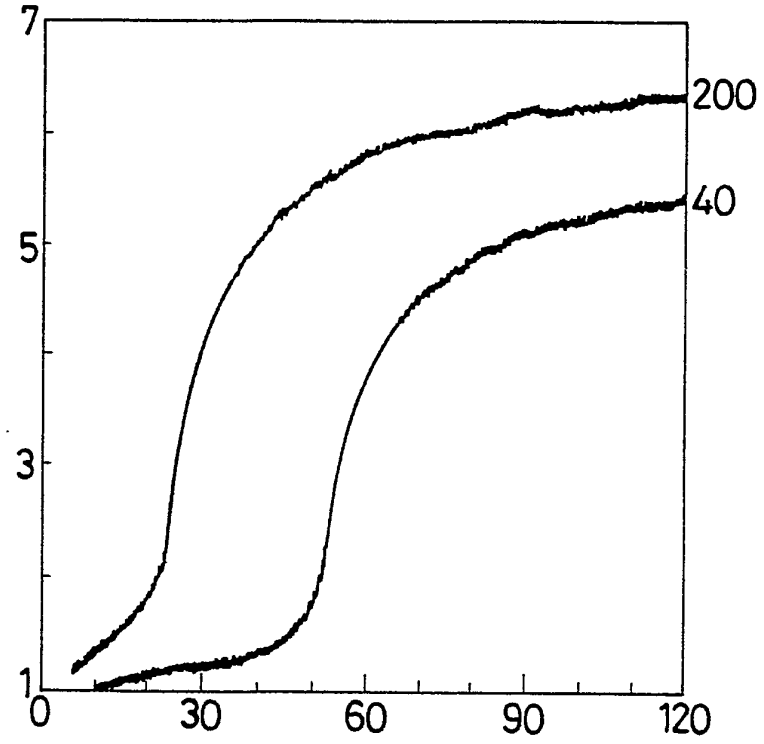


FIG. 3

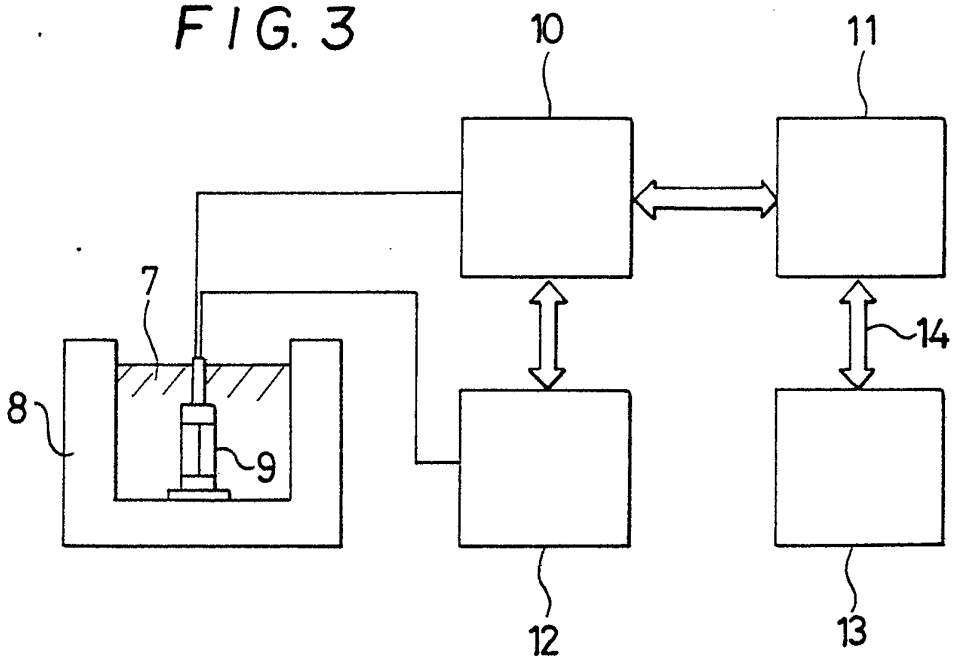


FIG. 4

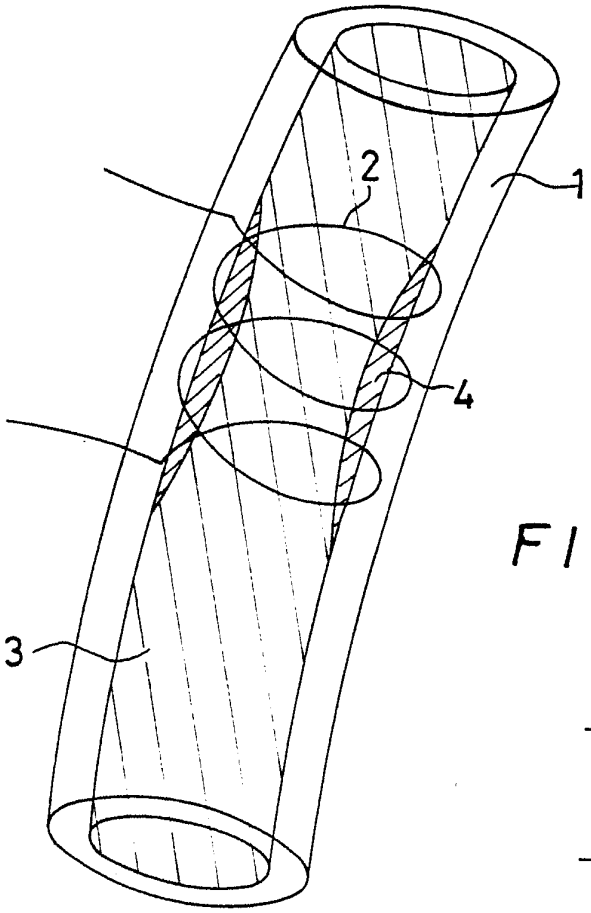


FIG. 5

