

RIJKSLANDBOUWPROEFSTATION HOORN.

OPTISCH ONDERZOEK OVER DE HYDRATATIE EN DEN
FIJNHEIDSGRAAD VAN CASEINE IN SOL-TOESTAND,

DOOR

B. J. HOLWERDA.

(Ingezonden 22 Juli 1932.)

Het kan van belang geacht worden om de factoren te leeren kennen, die de hydratatie en den fijnheidsgraad, d. i. de mate van peptisatie van eiwitten, in dit geval speciaal van caseine, beheerschen.

Dan is het om te beginnen wenschelijk om de deeltjesgrootte van de caseine (met het hydratatiewater) in sol-toestand onder verschillende omstandigheden te bepalen. Zooals bekend, zijn de deeltjes van de emulsoïde eiwitsolen in den ultramicroscop niet zichtbaar en de grootte kan door tellen niet bepaald worden. Een andere methode, die wel is toegepast om bijv. de deeltjesgrootte van het emulsoïde amylymsol¹⁾ te bepalen met behulp van viscositeits- en kataphoresemetingen, kan bij caseinesolen niet worden toegepast. Wil men nl. op die wijze tot een bruikbaar resultaat komen, dan is het noodig, dat kleine hoeveelheden van een neutraal zout den hydratatietoestand van het soldeeltje niet veranderen. Kataphorese- en viscositeitsmetingen van caseinesolen hebben echter in tegendeel juist het vermoeden doen ontstaan, dat reeds zeer kleine hoeveelheden NaCl van invloed waren op de hydratatie.

Daarom is bij het volgende onderzoek getracht om met behulp van optische metingen tot een inzicht te komen in de deeltjesgrootte der caseinesolen. Wanneer men een lichtbundel laat vallen op een sol, dan wordt door de aanwezige gesuspenderde deeltjes het licht verstrooid. Dit verstrooide, d. i. het Tyndall-licht, wordt *sterker* naarmate eenzelfde hoeveelheid stof in *grovere* suspensie is en voor zeer fijne suspensies wordt de intensiteit ervan door de bekende formule van RAYLEIGH aangegeven, in eenvoudigen vorm als volgt:

$$\frac{I}{I_0} = k \cdot \frac{Nv^2}{\lambda^4} \left(\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2 + 2n_2^2} \right)^2$$

¹⁾ KRUYT en TENDELOO, Proc. Roy. Acad. Amsterdam, 27, 377 (1924).

211318

Hierin is I_0 de intensiteit van het invallende, I die van het afgebogen licht in een richting loodrecht op de baan van den invallenden lichtbundel, v het gemiddelde volume der deeltjes, n_1 en n_2 de brekingsindices van de deeltjes en van het dispersiemiddel, N het aantal afbuigende deeltjes per ruimte-eenheid, λ de golflengte van het invallende licht, k een constante.

Metingen van de intensiteit van het Tyndall-licht van een sol onder verschillende omstandigheden zouden dus reeds een inzicht in een eventueele verandering der deeltjesgrootte kunnen geven. Echter is het dan in de eerste plaats noodig om na te gaan of deze volgens bovenstaande formule verloopt, want bijv. MECKLENBURG ¹⁾ vindt, dat de diameter der deeltjes dan niet grooter mag zijn dan 100 $\mu\mu$. Worden de deeltjes grover, dan vindt men minder Tyndall-licht dan uit RAYLEIGH's formule zou volgen en bij zeer grove suspensies neemt het Tyndall-licht *af* met een *grovere* verdeling van een bepaalde hoeveelheid stof.

Wanneer men dus de veranderingen in de intensiteit van het Tyndall-licht wil beschouwen volgens RAYLEIGH's formule is het eerst noodig na te gaan of deze emulsoide solen een voldoende fijnheidsgraad bezitten om deze te mogen toepassen. Daarvoor is het noodig dat de intensiteit van het Tyndall-licht omgekeerd evenredig is met λ^4 . De intensiteitsmetingen van het Tyndall-licht van caseinesolen bij verschillende golflengten hebben, wat dat betreft, bevredigende resultaten opgeleverd.

Echter ook al blijkt het geoorloofd te zijn om het Tyndall-licht van de caseinesolen volgens RAYLEIGH's formule te beschouwen, toch kunnen metingen ervan nog geen inzicht geven in veranderingen der deeltjesgrootte. Wij hebben bij onze conclusie nl. aangenomen, dat het caseinedeeltje met den watermantel als actieve grootheid optreedt voor de verstrooiing van het licht. Dit is in overeenstemming met bijv. KRISHNAMURTI ²⁾ en HATSCHEK ³⁾; in tegenstelling met bijv. ZERNIKE ⁴⁾ en RABINOWITSCH und KARGIN ⁵⁾.

De verandering der deeltjesgrootte bij emulsoidesolen zal echter dikwijls samengaan met een verandering der hydratatie, met als gevolg een verandering van den brekingsindex. In de formule verandert dan zowel v als n_1 .

Wanneer nu, zooals in ons geval, bleek, dat het Tyndall-licht sterker wordt door toevoeging van kleine hoeveelheden NaCl of door verhooging van temperatuur, dan kan daarbij nl. ook een dehydratatie in het spel zijn, die het verschil in brekingsindex tusschen soldeeltje en oplosmiddel doet

¹⁾ MECKLENBURG, Koll. Zeitschr., 16, 97 (1915).

²⁾ KRISHNAMURTI, Proc. Royal Soc., series A 122, 76 (1929).

³⁾ HATSCHEK, Kolloid Zeitschr., 48, 246 (1929).

⁴⁾ ZERNIKE, Chem. Weekbl., 27, 446 (1930).

⁵⁾ RABINOWITSCH und KARGIN, Zeitschr. physik. Chem., 152, 29 (1931).

toenemen, waardoor men ondanks een fijner worden der deeltjes meer Tyndall-licht zou kunnen krijgen.

Een dergelijk gedrag is meermalen bij caseinesolen waargenomen kunnen worden.

Er bestaat nl. nog een andere mogelijkheid om een inzicht te verkrijgen in het veranderen der deeltjesgrootte van een sol door bepaalde agentia dan het meten van de intensiteitsverandering van het Tyndall-licht. Dit laatste is nl. in het ideale geval, d. w. z. wanneer de deeltjes zeer klein en volkomen bolvormig zijn, totaal gepolariseerd. In werkelijkheid is steeds een grootere of kleinere fractie van het licht niet gepolariseerd. De mate van deze depolarisatie is afhankelijk van de deeltjesgrootte. Hoe *sterker* de depolarisatie, hoe *groter* de deeltjes. Met behulp van een kalkspaaht-prisma en een nicol ¹⁾ is het mogelijk deze depolarisatiegrootte te meten en zoo een verandering der deeltjesgrootte te constateeren.

Combineert men nu de intensiteitsmetingen van het Tyndall-licht met die van de depolarisatie, dan kunnen volgens bovenstaande afleiding daaruit de volgende conclusies worden getrokken.

1°. Neemt onder inwerking van een of ander agens (zout, warmte, concentratie) op een sol het Tyndall-licht *toe* en de depolarisatie af (d. i. de deeltjes zijn *fijner* dan in het oorspronkelijke sol), dan schrijven wij dit toe aan *dehydratie*.

2°. *Toename* van Tyndall-licht en tevens *vergroving* der deeltjes is aan beginnende *witvlokking* toe te schrijven.

De beide combinaties in omgekeerde richting geven hydratatie en peptisatie.

De combinatie van deze metingen leert ons dus slechts iets over de verandering der deeltjesgrootte. Tot een bepaling van de absolute deeltjesgrootte, zooals wel wenschelijk ware, leenen ze zich niet. Dit is gedeeltelijk toe te schrijven aan het feit, dat bleek, dat men bij emulsoide solen door hydratatie en dehydratie bijv. bij concentratieveranderingen reeds met een variable deeltjesgrootte heeft rekening te houden, hetgeen een toepassing van de formules, noodig om uit de depolarisatie iets meer te leeren over de absolute grootte der deeltjes, onmogelijk maakt; nog afgezien van de groote experimenteele moeilijkheden, die dergelijke absolute metingen zouden opleveren.

De te vermelden uitkomsten der depolarisatiemetingen moeten zeker als *relatief* worden beschouwd.

¹⁾ Zie bijv. LANGE, Zeitschr. physik. Chem., 132, 1 (1928).

Ook de metingen van de intensiteit van het Tyndall-licht kunnen niet tot een bepaling der absolute deeltjesgrootte leiden. In dat geval zou de constante k uit de formule bepaald moeten worden met behulp van een sol van bekende deeltjesgrootte en vergelijkbaar met caseïne, wat de brekings-index betreft. Dit hebben we niet kunnen verwezenlijken.

In het volgende worden de uitkomsten van de optische metingen der caseïnesolen kort vermeld.

Toetsing van de wet van Rayleigh.

Zooals gezegd werd de intensiteit van het Tyndall-licht van caseïnesolen gemeten bij verschillende golflengten. De meting geschiedde langs photographischen weg, de zwartingen, ontstaan op de plaat, werden met den extinctiometer volgens MOLL gemeten.

Uit deze zwartingen kon dan de intensiteit van het Tyndall-licht als fractie van het invallende licht worden berekend, de grootheid $\frac{I}{I_0}$. (Voor een meer uitvoerige beschrijving van de gevolgde werkwijze en de gebruikte apparatuur zij naar een andere mededeeling verwezen)¹⁾.

De gebruikte caseïne werd op de gebruikelijke wijze door herhaalde precipitatie met azijnzuur gereinigd (aschgehalte $\pm 0.02\%$).

In tabel I zijn de uitkomsten, verkregen met eenige caseïnesolen van verschillende concentratie en alkaliteit en met een amyllumsol, vereenigd.

TABEL I.

	$\frac{I}{I_0} \times \lambda^4$ bij golflengte:					
	366 $\mu\mu$	405 $\mu\mu$	436 $\mu\mu$	491 $\mu\mu$	625 $\mu\mu$	Gemidd.
0,1 % NaCas. $p_H = 7,4$. .	$6,14 \times 10^4$	7,73	5,06	7,49	5,27	6,34
0,4 % „ $p_H = 7,3$. .	$21,0 \times 10^4$	—	—	22,2	16,4	19,9
0,4 % „ $p_H = 8,1$. .	$14,3 \times 10^4$	—	—	12,3	11,7	12,8
0,1 % Amylum (Kahlbaum)	$7,56 \times 10^5$	—	7,76	8,01	7,01	7,58

Hoewel de constantheid van $\frac{I}{I_0} \times \lambda^4$ niet zeer fraai is, maar er daarentegen van een uitgesproken gang in de cijfers geen sprake is, lijkt het toch

¹⁾ HOLWERDA, Rec. trav. chim. **50**, 601 (1931).

wel geoorloofd het Tyndall-licht dezer emulsoïde solen volgens RAYLEIGH'S theorie te beschouwen.

Invloed van neutrale zouten op de deeltjesgrootte.

Het bleek dat reeds zeer geringe hoeveelheden NaCl het Tyndall-licht van caseïnesolen merkbaar verhoogden. In dit geval werd steeds wit licht gebruikt. Reeds een hoeveelheid van 0,1 m. eq. (5,6 mg NaCl) per Liter verhoogt merkbaar het Tyndall-licht van een 0,1 %. Na caseïnaatsol bijv. van 124×10^{-8} Io tot 145×10^{-8} Io. Verhoging van de zoutconcentratie doet het Tyndall-licht steeds toenemen. Ook bij amyllum en arabische gom kon eenzelfde invloed geconstateerd worden.

Een paar voorbeelden van den invloed van NaCl en andere zouten en één niet-electrolyt, ureum, op het Tyndall-licht van eenige emulsoïde solen vindt men in tabel II.

TABEL II.

Aard van het sol.	Conc. zout in m. eq. per liter.	Aard van de toevoeging.	$\frac{I}{I_0}$
0,1 % NaCas. $p_H = 7,4$		ureum	
	0,0	—	138×10^{-8}
	0,1	—	140
	0,5	—	140
	1,5	—	138
	4,0	—	140
	9,0	—	140
0,1 % NaCas. $p_H = 7,4$		KCNS	
	0,0	—	153×10^{-8}
	0,1	—	163
	0,5	—	186
	1,5	—	320
	9,0	—	359
0,1 % NaCas. $p_H = 7,4$		KCl	
	0,0	—	153×10^{-8}
	0,1	—	167
	0,5	—	195
	1,5	—	222
	9,0	—	353

Aard van het sol.	Conc. zout in m. eq. per liter.	Aard van de toevoeging.	$\frac{I}{I_0}$
0,1 % NaCas. $p_H = 8,1$	0,0	NaCl	
	0,1	—	122×10^{-8}
	0,5	—	132
	1,0	—	147
	4,0	—	152
	9,0	—	181
	18,0	—	224
			271
0,1 % NaCas. $p_H = 10,2$	0,0	NaCl	
	0,1	—	$81,3 \times 10^{-8}$
	0,5	—	81,3
	1,0	—	84,3
	1,5	—	87,3
	4,0	—	93,4
	9,0	—	106
	18,0	—	116
		132	
0,1 % Amylum	0,0	NaCl	
	0,1	—	246×10^{-7}
	0,5	—	303
	1,0	—	353
	1,5	—	373
	4,0	—	384
	9,0	—	403
	18,0	—	415
		430	
0,1 % Amylum	0,0	CaCl ₂	
	0,1	—	254×10^{-7}
	0,5	—	280
	1,0	—	346
	1,5	—	366
	4,0	—	386
	9,0	—	391
	18,0	—	391
		402	

Aard van het sol.	Conc. zout in m. eq. per liter.	Aard van de toevoeging.	$\frac{I}{I_0}$
0,1 % Amylum	0,0	La(NO ₃) ₃	257 × 10 ⁻⁷
	0,1	—	300
	0,5	—	366
	1,0	—	380
	1,5	—	389
	4,0	—	392
	9,0	—	398
	18,0	—	398
0,1 % gummi arab.	0,0	NaCl	238 × 10 ⁻⁸
	0,1	—	259
	0,5	—	355
	1,0	—	463
	1,5	—	521
	4,0	—	646
	9,0	—	730
	18,0	—	761

Hieruit blijkt:

een niet-electrolyt, zooals ureum, oefent geen invloed uit op het Tyndall-licht;

een invloed van electrolyten is op alle onderzochte emulsoiden te constateeren;

de lyotrope werking van KCNS en KCl komt niet tot uiting; de invloed immers van deze zouten is practisch dezelfde (tusschen toevoeging van KCl en NaCl is geen verschil geconstateerd);

op het negatieve amyllumsol is van de valentie Na⁺, Ca⁺⁺ en La⁺⁺⁺ geen invloed te constateeren.

Dit zou er toe kunnen leiden den invloed van de kleine hoeveelheden neutraal zout niet te kunnen beschouwen als een capillair-electrische.

Vervolgens diende dus, zoo mogelijk, nader onderzocht te worden of de vermeerdering van het Tyndall-licht door electrolyten samen ging met een vergroving of een verfijning der deeltjes.

De depolarisatiemetingen zoowel van Na Caseinaatsol als van arabische gom met en zonder toevoeging van NaCl toonden zeer duidelijk aan, dat

beide solen door toevoeging van bijv. 1 en 4 m. eq. NaCl per Liter fijnere deeltjes bevatten dan zonder zouten.

Daaruit meenen we de conclusie te mogen trekken, dat reeds toevoeging van zeer kleine hoeveelheden NaCl aan een Na Caseinaatsol een dehydrateerende werking op de caseine uitoefent.

Eenige uitkomsten der polarisatiemetingen zijn in tabel III vermeld, waarin onder „depolarisatie” de aflezingen in graden, bij gelijke helderheid der twee velden van het gebruikte polarisatie-apparaat, zijn aangegeven. Een aflezing van 90° zou beteekend hebben een volledige polarisatie van het verstrooide licht, dus 0 % depolarisatie, d. w. z. zeer fijne deeltjes, terwijl gelijke helderheid der velden bij 45° wijzen zou op zóó grove deeltjes, dat het afgebogen licht geheel niet meer gepolariseerd zou zijn, dus op een depolarisatie van 100 % ¹⁾.

TABEL III.

Aard van het sol.	Depolarisatie.
0,2 % NaCas zonder toevoeging (p = 7,4)	76,6
id. + 1 m. eq. NaCl	77,8
id. + 4 „ „ „	79,2
id. + 50 „ „ „	80,3
0,2 % arabische gom zonder toevoeging	76,0
id. + 4 m. eq. NaCl	77,6
id. + 25 „ „ „	80,5

Uit de cijfers blijkt duidelijk, dat de depolarisatie van deze solen afneemt door toevoeging van NaCl en de deeltjes daardoor dus fijner worden. Combineert men hiermede, dat het Tyndall-licht daardoor toeneemt, dan hebben wij hieruit de conclusie getrokken, dat reeds deze kleine hoeveelheden NaCl een dehydrateerende werking uitoefenen op de caseine en de arabische gom.

¹⁾ Gedurende het onderzoek moest een aanvankelijk geleend apparaat vervangen worden door een beter, waarmede bovenstaande aflezingen werden verricht. De elders vermelde (Rec. trav. chim.) waarnemingen zijn met de eerstbedoelde opstelling verricht, waarbij o. a. met een lichtbundel van andere breedte werd gewerkt. De cijfers zijn dus niet vergelijkbaar.

Invloed van verwarming op de solen van Na- en van Ca Caseinaat.

Na Caseinaat.

Wanneer men caseïne met zoo weinig mogelijk loog peptiseert, d. i. voor verdunde solen 0,5 m. eq. per gram caseïne, dan krijgt men solen, die ongeveer neutraal zijn. Echter hebben de verwarmingsexperimenten met deze solen geleerd, dat het eenigen tijd duurt vóór dat deze solen, wat peptisatie en hydratatiestoestand betreft, een evenwichtstoestand hebben bereikt.

Verwarmt men nl. een sol waaruit de niet of slecht gepeptiseerde deeltjes door kaarsfiltratie zijn verwijderd (dit kan na \pm 18-urige peptisatie geschieden), dan neemt het Tyndall-licht in intensiteit af en de depolarisatie toe. Dat zou dus bij verwarming verdere hydratatie zijn. Herhaalt men echter de proef den volgenden dag met een gedeelte van hetzelfde gefiltreerde sol, dat niet verwarmd is geweest, dan blijkt wel dat de intensiteit van het Tyndall-licht minder is dan in het oorspronkelijke sol, maar dat er bij verwarming of niets gebeurt of dat het Tyndall-licht weinig toeneemt. Geeft men het sol langer gelegenheid om te peptiseeren en laat men alle caseïnedeeltjes er in, dan neemt bij verwarming tot 70° C het Tyndall-licht toe, en de depolarisatie neemt eerst af tot bij 46° en daarna toe. Dus in dat geval eerst tot 46° een dehydratatie en vervolgens bij hoogere temperatuur een uitvlokking, die grootendeels reversibel blijkt te zijn.

Laat men de caseïne langer peptiseeren met zoo weinig mogelijk NaOH, dan blijkt het sol dus bij verwarming weinig stabiel te zijn. Gebruikt men meer loog voor de peptisatie, dan worden de solen veel stabielier; de peptisatie is eerder bereikt, ze geven minder Tyndall-licht en de deeltjes zijn grover; de hydratatie is dus grooter naarmate meer NaOH wordt genomen. Gebruikt men 0,6 m. eq. NaOH per g. caseïne of méér, dan kan men ook de solen verwarmen (70° C) zonder dat verandering optreedt.

Ca Caseinaat.

Wanneer caseïne wordt gepeptiseerd met behulp van $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dan worden deze solen visueel veel troebeler dan bij gebruik van NaOH, wat aan mindere hydratatie moet worden toegeschreven. Pas met 1 m. eq. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ per g. caseïne krijgt men vrij heldere solen. Toch zijn ook de solen met 0,5 m. eq. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ per g. vrij stabiel ($\text{pH} = \pm 6,7$). Ook bleek het niet mogelijk te zijn om deze Ca solen door kaarsfiltratie van nog niet geheel gepeptiseerde deeltjes te zuiveren; filtreeren leverde allerlei complicaties op. Er moest ten slotte dus altijd gebruik worden gemaakt van solen, die door vrij langdurige peptisatie waren bereid.

Zooals bekend is worden solen van Ca caseinaat bij verwarming vrij sterk troebel; bij afkoeling gaat deze troebeling grootendeels terug, terwijl van een macroscopische coagulatie niets te bemerken is. Toevoeging van Na citraat verhindert troebel worden bij verwarming.

Eerst werden eenige proeven genomen over den invloed van het bewaren van een Ca caseinaatsol, dat na peptiseeren helder was, bij kamertemperatuur en hooger. Het bleek dan, dat ze bij alle drie onderzochte temperaturen zwak troebel werden, vervolgens werden ze in de koelkast bewaard bij $\pm \frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$; de troebeling verdween dan weer grootendeels.

Ook ultramicroscopisch werden de solen geobserveerd.

Tabel IV geeft het verloop van een dergelijke proef weer.

De Ca solen worden dus bij het bewaren allen troebel en fijner, hoe warmer ze bewaard worden des te fijner de deeltjes; dat wijst dus op een dehydratatie, waardoor de deeltjes ook ultramicroscopisch zichtbaar zouden kunnen worden. Bij het vervolgens weer afgekoeld bewaren komt I eerst weer in den oorspronkelijken toestand terug, II en III geven eerst fijnere deeltjes en minder Tyndall-licht dan na het warm bewaren, echter meer dan oorspronkelijk, om vervolgens grover te worden dan ze oorspronkelijk zijn geweest met meer Tyndall-licht, wat een coagulatie moet zijn.

Een Ca sol schijnt dus zoowel neiging tot dehydratatie als tot coagulatie te hebben; terwijl een temperatuursverhoging vooral de dehydratatie schijnt te bevorderen. Dit is op andere wijze nog wat meer precies geverifieerd. Daartoe werden Ca solen bereid met afnemende hoeveelheid $\text{Ca}(\text{OH})_2$ nl. 1 m. eq (I), 0,75 m. eq. (II) en 0,5 m. eq (III) per g caseine. Deze solen werden langzaam verwarmd en tegelijk werd zoowel de intensiteit van het Tyndall-licht als de depolarisatie bepaald; na de verwarming koelde het sol langzaam weer af, door in de cuvet bij kamertemperatuur te laten staan, en ook den volgenden dag werden de waarnemingen nog een keer uitgevoerd.

Uit de waarnemingen blijkt:

door verwarming vermeerderd het Tyndall-licht van alle solen, de deeltjesgrootte neemt bij I en II eerst af en daarna toe. Bij I en II is dus duidelijk te constateeren, dat een dehydratatie eerst optreedt, of eerst in hoofdzaak optreedt, terwijl bij verdere verwarming een coagulatie op den voorgrond treedt. Bij sol III is in de verandering van de deeltjesgrootte van een dehydratatie niets waar te nemen, hoewel ze natuurlijk niet uitgesloten is. Bij afkoeling gaat de uitvlokking weer terug; sol I en II worden eerst zelfs fijner dan ze oorspronkelijk zijn geweest met meer dan het aanvankelijke Tyndall-licht, om pas den volgenden dag met vermindering van Tyndall-licht weer

TABEL IV.

Bij 7° bereid Ca-sol; oorspronkelijk ultramicroscopisch, alleen Tyndall-tegel, visueel helder, depolarisatie 68°.

№	Na 6 uur bij:	Ultramicroscopisch.	Uiterlijk visueel.	Depolarisatie.	Vervolgens 18 uur in koelkast.			3 × 24 uur in koelkast.		
					Ultramicroscopisch.	Uiterlijk visueel.	Depolarisatie.	Ultramicroscopisch.	Uiterlijk visueel.	Depolarisatie.
I	20½° C.	deeltjes + Tyndall	troebel	71,5 ¹⁾	Tyndall	helder	68,0	Tyndall	helder	63,2
II	26° C.	deeltjes	troebel	73,2	deeltjes + Tyndall	zwak troebel	74,2	weinig deeltjes + Tyndall	zwak troebel	61,8
III	36° C.	zeer fijne deeltjes	troebel	76,1	deeltjes + Tyndall	zwak troebel	79,1	weinig deeltjes + Tyndall	zwak troebel	65,1

¹⁾ De hier vermelde depolarisatiecijfers zijn verkregen met het reeds vermelde oudere apparaat, doch omgerekend op aflezingen, zooals ze zouden zijn op het nieuwe; dit is niet inderdaad geoorloofd, doch duidelijkshalve geschied en voor vergelijkende conclusies toelaatbaar.

TABEL V.

Sol N°. I. $p_H = 8,9$			Sol N°. II. $p_H = 7,4$			Sol N°. III. $p_H = 6,9$		
Temperatuur.	Intensiteit Tyndall-licht.	Depolarisatie.	Temperatuur.	Intensiteit Tyndall-licht.	Depolarisatie.	Temperatuur.	Intensiteit Tyndall-licht.	Depolarisatie.
12° C.		77,9	9° C.	118×10^{-7}	77,4	9° C.	$104,3 \times 10^{-6}$	70,8
20°	24×10^{-7}		11°			11°		
27°	28		18°	136		12°	110,9	
32°	32		25°	143	79,5	20°	124,1	
39°	235	81,4	29°		80,2	21°		70,0
43°	1817	79,8	30°	234		24°		68,7
45°		76,3	31°		80,8	26°		67,5
50°	1900	71,6	35°	2184		29°	210,9	65,2
53°		65,6	38°		78,2	35°		60,4
51°		58,9	42°	3650		37°	343,0	
41°	1900		50°	3650	59,8	42°		55,3
26°	1720		20°	2620		50°	362,0	50,6
25°		79,5			80,9	20°	264,7	64,4
3 uur later	1600	83,2	3 uur later			3 uur later	264,7	64,4
volgende dag	34	79,2	volgende dag	560	80,1	volgende dag	166,7	64,6

grover te worden. Dit wijst bij sol I en II vooral erop, dat de coagulatie bij afkoelen grootendeels betrekkelijk snel en gemakkelijk weer verdwijnt, terwijl de rehydratatie langzaam volgt. Bij een sol met zeer weinig alkali (III) heeft de coagulatie de overhand; het doorloopt bij afkoeling ook geen stadium van dezelfde of grootere fijnheid dan van die, welke het oorspronkelijk had. Toch zal naar analogie van het verloop bij sol I en II wel mogen worden besloten, dat ook hier tevens dehydratatie en rehydratatie zullen optreden.

Verder kan nog opgemerkt worden, dat de peptisatie van de Ca solen gemakkelijker gaat met meer $\text{Ca}(\text{OH})_2$; de deeltjes worden fijner naarmate meer $\text{Ca}(\text{OH})_2$ voor de peptisatie wordt gebruikt, het Tyndall-licht daarbij minder. De Ca caseinaatsolen geven bij ongeveer eenzelfde fijnheidsgraad als de Na caseinaatsolen veel meer Tyndall-licht dan deze laatste. Ca solen moeten dus minder gehydrateerd zijn, wat als reeds bekend te zijn kan verondersteld worden.

Samenvatting.

Wanneer zuivere caseine met behulp van alkali wordt gepeptiseerd, kan men bij gebruik van NaOH of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ solen krijgen van ongeveer neutrale reactie, die er op het oog helder uitzien, doch met een lichtbundel van sterke intensiteit een duidelijk Tyndall effect vertoonen. Het is gebleken dat de gepeptiseerde caseinedeeltjes van dergelijke afmetingen zijn, dat het Tyndall-licht volgens RAYLEIGH'S formule beschouwd kan worden. Ook bij solen van oplosbaar amyllum bleek dit het geval te zijn.

Uit de metingen van de intensiteit van het Tyndall-licht, gecombineerd met die van de polarisatie, kon de gevolgtrekking worden gemaakt, dat reeds zeer kleine hoeveelheden NaCl een dehydrateerende werking uitoefenen op de solen van Na caseinaat. Ook bij concentratieveranderingen blijkt de hydratatietoestand niet constant te zijn.

Bij het verwarmen van Na caseinaatsolen bleek, wanneer weinig NaOH t. o. v. de caseine wordt gebruikt (0,5 m. eq. per g), dat het dan eenigen tijd duurt vóór de evenwichtstoestand der hydratatie is bereikt. Na een te korten peptisatietijd wordt bij verwarming de hydratatie nog wat sterker; is een evenwichtstoestand bereikt, dan treedt bij verwarmen dehydratatie en geringe coagulatie op. Bij gebruik van meer NaOH , bijv. 0,6 m. eq. per g, zijn de Na solen stabiel; ze veranderen dan door verwarming niet.

Solen van Ca caseinaat, die minder gehydrateerd zijn dan Na solen, worden, ook al wordt 1 m. eq. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ per g caseine gebruikt, bij verwarming sterk troebel. Een snel reversible coagulatie en een minder snel reversible dehydratatie bleken hier op te treden.