LE LAIT

REVUE GÉNÉRALE DES QUESTIONS LAITIÈRES

SOMMAIRE

Mémoires originaux :

W. KOPACZEWSKI. — Gélification de la caséine dans ses rapports avec celle du lait . . . 801

T. BONADONNA. — Le son de riz dans l'alimentation des vaches laitières . . . 811

A. TAPERNOUX. — Quelques observations concernant l'action de la solution de chlorure de calcium pour réfractométrie sur les laits additionnés de carbonates alcalins . . . 832

Revue :

G. GÉNIN. — L'emploi des réceptifs en bois pour le transport du lait . . . 841

Bibliographie analytique :

1^o Les livres . . . 846

2^o Journaux, Revues, Sociétés savantes . . . 854

3^o Brevets . . . 887

Bulletin bibliographique :

1^o Les livres . . . 889

2^o Journaux, Revues, Sociétés savantes . . . 890

3^o Brevets . . . 893

Documents et informations :

G. PÉRÈS. — Compte rendu du Congrès d'Avignon sur les Brucelloses, 11-12-13 juin 1935. 894

Le concours laitier et beurrier de Paris en 1936 912

Le XI^e Congrès International de Laiterie de Berlin (août 1937) 913

V^e Congrès International technique et chimique des Industries agricoles (12-17 juillet 1937) 916

Congrès du printemps de l'American Chemical Society (13-17 avril 1936) 918

Ecole Nationale d'Industrie laitière de la Roche-sur-Foron . . . 920

MÉMOIRES ORIGINAUX (1)

GÉLIFICATION DE LA CASÉINE DANS SES RAPPORTS AVEC CELLE DU LAIT

par

W. KOPACZEWSKI

INTRODUCTION

Depuis les recherches fondamentales de HAMMARSTEN (1872), puis celles de ARTHUS et PAGÈS (1890), de E. DUCLAUX (1899) et les résultats de LOERCHER (1890) et de LOEWENHARDT (1903), le phénomène de la gélification du lait, tout comme celui du sang, est expliqué. On le réduit à l'hypothèse suivante, maintes fois modifiée, et que l'on peut résumer ainsi : la gélification du lait serait due à la transformation d'un protide-caséinogène (caséine) en caséine (paracaséine), sous l'action d'un ferment spécial-présure. Cette transformation aurait lieu en absence de sels de Ca, mais n'aboutirait

(1) Reproduction interdite sans indication de source.

point à la prise en masse : pour obtenir cette dernière, l'intervention des sels calciques solubles serait indispensable. Les recherches modernes ont accumulé contre cette hypothèse un ensemble de faits que l'on ne peut pas ignorer : pour RONA et GABBE, les sels calciques solubles interviendraient également dans le processus fermentatif lui-même ; pour ROBERTSON — l'identité chimique de la caséine et du caséinogène serait certaine, ce qui fut également avancé par E. DUCLAUX bien avant ; il ne s'agirait donc que de variations de structure moléculaire, d'un réarrangement moléculaire (DUCLAUX, HALMER, RICHARDSON), d'un grossissement micellaire (BLEYER et SEIDEL), d'une floculation par les cations bivalents en général (WRIGHT), ou d'une polymérisation avec une condensation (BEAU).

Certaines observations ultramicroscopiques plaideraient en faveur d'une telle polymérisation moléculaire et d'une telle condensation (KREIDL, NEUMANN et WIEGER). En effet, dans une expérience, bien oubliée, de CHEVREUL (1853), on a la preuve que les dispersions sodiques neutralisées de la caséine peuvent être gélifiées par la présure ; DUCLAUX, en 1882, puis LOERCHER, en 1890, ont démontré que divers cations peuvent remplacer la présure et que la gélification par les cations ou par les acides (LOEWENHARDT) dépend, tout comme celle par la présure, de la température à laquelle on opère et de l'état physique des phosphates qui se trouvent dans du lait. PIETTRE, récemment, a démontré que ces phosphates sont plus ou moins énergiquement fixés par les micelles colloïdales et que leur élimination est une fonction de leur degré de dispersion : une partie s'élimine par la simple réfrigération et la fonte successive, une autre nécessite l'intervention de la dialyse simple, l'autre — la dialyse sucrée ou même l'addition du citrate de Na.

Par ailleurs, on a démontré que le lait se gélifie sous l'action des divers facteurs physiques : au cours de l'orage, par l'électrolyse, par le chauffage dans des tubes scellés (LOEWENHARDT).

On constate donc l'existence d'un certain parallélisme entre la gélification du lait et celle des dispersions colloïdales de la caséine.

L'étude du phénomène de la gélification des protides, en général, que nous avons décrit en 1934, par l'acide lactique et par d'autres substances chimiques de caractère spécial, nous a suggéré l'idée d'examiner la gélification des dispersions de la caséine.

Or, si l'on ouvre un traité de Chimie biologique (OPPENHEIMER), nous y trouvons des assertions suivantes : « caséine libre ne se gélifie pas..., il se gonfle dans les alcalis... ; les sels de la caséine ne se gélifient pas..., les combinaisons calciques donnent lieu à la formation d'une membrane superficielle lorsqu'on les chauffe »..., etc. Il y avait donc intérêt de trancher ces divers points.

TECHNIQUE EXPÉRIMENTALE

Toutes nos expériences ont été faites avec le même échantillon de caséine ; elle provenait de la Maison Poulenc, et datait d'avant-guerre (« caséine pure exempte de graisses »). On expérimentait sur des dispersions de 10 % faites avec de la soude caustique : on utilisait tout d'abord, la soude en concentration de M/100, puis, au bout d'un certain temps, lorsque la dispersion ne progressait plus, on ajoutait, goutte à goutte, de la soude en concentration de M/1 ; d'une façon générale, on pouvait aboutir ainsi à des dispersions de la caséine de 10 % dans la soude caustique de M/30 ; on a fait quelques expériences avec des dispersions dans la soude à M/10. Voici les caractères physiques d'une dispersion de la caséine à 10 % dans NaOH M/30.

TABLEAU I.

CARACTÈRES PHYSIQUES DE LA CASÉINE A 10 % DANS NaOH M/30 (à 15° C.)

Densité	1,025
Viscosité	17,4
Tension superficielle	47,2
Conductibilité électrique	81,4 . 10 ⁻⁴
pH (colorimétrique)	5,8

Avec cette dispersion de la caséine, nous avons effectué une série de recherches, notamment en ce qui concerne le pouvoir gélifiant des acides, des bases et des divers électrolytes.

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Avant toute autre substance nous avons étudié l'action de l'*acide lactique pur* de densité 15° C. 1.24. L'acide lactique donne des gels même avec la caséine sodique en concentration finale de 5,0 à 7,5 %. Mais cette action de l'acide lactique est lente : même avec des concentrations finales de M/5 de cet acide le gel n'est formé pour une dispersion à 7,5 % dans NaOH M/30 qu'après 528 heures. Ce gel est transparent ; il ne se liquéfie, ni ne se synérétise même au bout de 30 jours d'observation. Le temps de gélification est raccourci si l'on utilise les dispersions de la caséine dans la soude caustique plus concentrée : ainsi, la caséine à 5,0 % en dispersion dans NaOH M/20 se gélifie par l'acide lactique en concentration de M/7 en 408 heures. On voit donc que, loin de neutraliser l'action de l'acide lactique, la soude s'ajoute à cette action. L'addition de l'acide lactique à des dispersions de la caséine sodique, donne lieu à la formation immédiate d'une membrane autour de chaque goutte d'acide lactique et à des formes arborescentes des plus variées.

Tout comme l'acide lactique, l'*acide chlorhydrique* gélifie directement les dispersions de la caséine. Voici quelques chiffres (tableau II).

TABLEAU II.
GÉLIFICATION DE LA CASÉINE PAR HCl (à 15°C)

Dispersions de la caséine	Concentrations finales de HCl	Action observée
5,0 % dans NaOH M/10	M/30	Gel transparent en 600 heures
5,5 % dans NaOH M/30	M/15	Coagulation sans redispersion
5,5 % dans NaOH M/30	M/10	Gel transparent en 0, 1 heure
7,5 % dans NaOH M/30	M/3	Coagulation
	M/4	Coagulation
	M/5	Gel blanc instantané
	M/6	Gel blanc instantané
	M/7	Gel presque transparent en 0, 1 h.
	M/8	Gel transparent en 42 heures
	M/16	Coagulation

On constate, dans ce cas également, que l'action de l'acide s'ajoute à celle de la soude. De plus, la gélification par l'acide chlorhydrique revêt une allure *périodique*.

La synérèse des gels n'a pas été observée au bout de 20 jours d'observation.

Examinons maintenant l'action d'une base, et comme telle nous avons choisi la *soude caustique* en concentrations variées. Voici quelques résultats (tableau III).

TABLEAU III.
GÉLIFICATION DE LA CASÉINE PAR NaOH (à 15° C.)

Concentrations de la caséine	Concentrations de NaOH	Faits observés
5,5 % dans NaOH M/30	4,4 M	Coagel instantané
5,5 % dans NaOH M/30	3,3 M	Gel blanc instantané
7,5 % dans NaOH M/30	3,3 M	Gel presque transparent en 6 h.
7,5 % dans NaOH M/30	2,2 M	Opalescence croissante mais pas de gel après 10 jours
7,5 % dans NaOH M/30	1,1 M	Ni opalescence, ni gel

La gélification par la soude caustique présente quelques traits spéciaux. Tout d'abord, elle n'est très compacte que pour une concentration de la soude bien déterminée, au-delà de laquelle les gels sont plus ou moins fluides. Le gel formé n'est pas aussi transparent qu'avec d'autres protides ; de plus, il se trouble très rapidement et devient blanc comme du lait. Enfin, la gélification est suivie très rapidement de synérèse : ainsi, au bout de 18 heures au maximum, un

gel formé en 6 heures est réduit à un culot grisâtre qui épouse la forme du récipient et tombe au fond du tube ; ce culot se redisperse presque complètement au bout de 24 heures, surtout par agitation faible ; le mélange de la dispersion de la caséine avec de la soude caustique redevient ainsi, de nouveau, parfaitement transparent. Le phénomène est donc *reversible*.

Les dispersions de la caséine dans la soude sont gélifiables directement par les *sels calciques solubles*. Nous en avons essayé deux : chlorure et glycocollate ; seule l'action du premier a été étudiée d'une manière directe ; le second fut éprouvé sous forme de mélange avec de l'acide lactique.

Voici les résultats d'une série expérimentale concernant le chlorure de Ca (tableau IV).

TABLEAU IV.
GÉLIFICATION DE LA CASÉINE PAR CaCl^2 (à 15° C.)

Concentrations de la caséine	Concentrations de CaCl^1	Faits observés
7,5 % dans NaOH M/30	M/300	Opalescence
7,5 % dans NaOH M/30.	M/150	Gel blanc en 120 heures
7,5 % dans NaOH M/30.	M/100	Gel blanc en 70 heures
10,0 % dans NaOH M/30.	M/100	Gel blanc en 50 heures
7,5 % dans NaOH M/30.	M/90	Gel en 40 heures
7,5 % dans NaOH M/80.	M/80	Gel opalescent en 40 heures
7,5 % dans NaOH M/30.	M/70	Gel opalescent en 2 heures
7,5 % dans NaOH M/30.	M/60	Gel blanc instantané
7,5 % dans NaOH M/30.	M/40	Coagulation instantanée

Cette fois-ci également la gélification présente certaines particularités intéressantes.

Avec la concentration de CaCl^2 (M/90) on a observé la formation d'une membrane superficielle, suivie d'une gélification, 4 heures après l'apparition de cette membrane.

Les gels formés par l'action de CaCl^2 (M/70) se sont liquéfiés au bout de 20 heures. Nous n'avons pas constaté de synérèse des gels par l'action de cet électrolyte.

Enfin, l'aspect des gels obtenus par la concentration M/60 fut particulièrement intéressant ; c'était celui du kéfir, à peine plus consistant.

Lorsqu'on additionne à l'acide lactique de l'acétyl-glycocollate de Ca, à raison de 0,3 %, on accélère notablement la gélification de la caséine, comparée à celle obtenue par l'acide lactique seul.

Nous avons, enfin, étudié l'action des divers *électrolytes* et de

certaines substances réputées comme *anticoagulants* sur la gélification des dispersions sodiques de la caséine par l'acide lactique, choisi comme agent gélifiant.

Dans cette étude, la technique expérimentale fut différente : dans les cas des bases et des anions le sens d'addition des divers réactifs était le suivant : électrolyte, eau distillée, caséine et, enfin, acide lactique ; tandis que dans les cas des cations la caséine fut incorporée en dernier lieu. De cette façon on a essayé d'éviter, partiellement, la réaction entre l'acide et les anions, grâce à la présence du colloïde stabilisant, protecteur, caséine.

Les expériences au sujet du mode d'action des divers électrolytes sur la gélification de la caséine par l'acide lactique ont permis de faire plusieurs constatations d'ordre général :

1. Avec les anions et les bases, on n'observe pas de coagulation des dispersions de la caséine ; mais on la voit apparaître au contact d'acide lactique ; elle se disperse, par agitation, totalement ou partiellement, selon les cas.

2. Avec les cations, au contraire, on ne voit pas de coagulation avec l'acide lactique, mais elle apparaît dès que l'on introduit la dispersion de la caséine ; cette fois-ci également, elle disparaît, dans certains cas, par agitation.

3. Certains anions et cations provoquent des floculations massives ; il faut donc abaisser les concentrations employées dans les cas suivants : Br, I, NO_3 , CNS, FeCN, Mg, Cu, Al et Ce.

4. On s'aperçoit alors que l'action des électrolytes dépend de leur concentration ; à des doses fortes, ils provoquent des coagulations massives ; à doses faibles, ils retardent parfois la gélification par l'acide lactique. D'une façon générale, la gélification précède la floculation massive, ainsi que nous l'avons signalé dès le début de nos recherches sur la gélification des protides et du sérum.

5. Certains électrolytes retardent la gélification et à aucune concentration, dans les limites de notre étude, ne l'accélèrent ; tels sont Pb, U, triméthylamine et urée.

6. Les anticoagulants sanguins-peptone, arsonbenzènes, oxalate, fluorure et polyæthanolate de Na n'influencent pas la gélification par l'acide lactique à des doses employées.

Après avoir signalé ces particularités, nous allons donner quelques données numériques concernant les résultats obtenus (tableau V).

En raison de la longue durée de ces expériences, les mélanges, une fois effectués, on a obturé les tubes à hémolyse avec des bouchons paraffinés.

Les données suivantes ont été obtenues avec des dispersions de

TABEAU V.
ACTIONS DES ÉLECTROLYTES SUR LA GÉLIFICATION DE LA CASÉINE (à 15° C.)
(ACIDE LACTIQUE A 0,75 M, CASÉINE 7,5 % dans NaOH M/20)

Electrolytes	Concentra- tions finales	Gélification (heures)	Phénomènes collatéraux
Témoin		528,0	Gel transparent
NaCl	M/30	3,5	Gel transparent
NaPr	M/30	0,5	Opalescence
NaI	M/30	0,2	Trouble
NaNO ³	M/30	0,2	Coagulation
NaHCO ³	M/30	3,5	Léger trouble résiduel
NaCNS	M/30	0,2	Trouble, coagel
NaCO ³	M/30	0,2	Trouble, coagel
Na ² SO ⁴	M/30	0,5	Opalescence
Na ² EO ⁴	M/30	4,0	Gel transparent
Na ³ FeCN ⁶	M/30	4,0	Coagulation massive
Na ⁴ FeCN ⁶	M/30	4,0	Coagulation massive
KCl	M/30	648	Transparence
BaCl ²	M/30	648	Coagulation massive
MgCl ²	M/30	0,5	Trouble
CuCl ²	M/30	0,5	Coagulation massive
PbCl ²	M/150	1.176,0	Transparence
UOCl ²	M/300	1.248,0	Transparence
CdCl ²	M/30	6,0	Opalescence
LaCl ³	M/60	48,0	Opalescence
FeCl ³	M/30	48,0	Coagulation
AlCl ³	M/30	48,0	Coagulation
CeCl ³	M/30	1,5	Trouble
ThCl ⁴	M/60	1.248,0	Transparence
SnCl ⁴	M/30	1.248,0	Pas de gel après 2 mois

la caséine à 7,5 % dans NaOH M/40 (concentrations finales dans les mélanges). Pour éviter les coagulations massives de certains électrolytes et varier les conditions expérimentales, nous avons diminué certaines concentrations. Voici les résultats obtenus (tableau VI).

Nous allons grouper à part les résultats obtenus avec des substances réputées comme anticoagulants sanguins. Parmi ces substances nous avons étudié : glycocholate de Na, urée, peptone, oxalate, fluorure et phosphate de Na, acétylsalvarsan et polyacethanolate de Na. Parmi ces substances seules acétylsalvarsan et oxalate donnent avec les dispersions de la caséine une floculation fine, nette, qui d'ailleurs disparaît par agitation. Voici les résultats que l'on enregistre dans ces conditions expérimentales (tableau VII).

On voit, par conséquent, que les substances considérées comme

TABEAU VI.
ACTIONS DES ÉLECTROLYTES SUR LA GÉLIFICATION DE LA CASÉINE (à 15° C.)
(ACIDE LACTIQUE 0,75 M, CASÉINE 7,5 %, dans NaOH M/40)

Electrolytes	Concentrations finales	Gélification (jours)	Phénomènes collatéraux
Témoin		56	Gel transparent
NaCl	M/10	42	Opalescence
NaBr	M/10	1,0	Trouble
NaI	M/100	66	Transparence
NaNO ³	M/100	52	Transparence
NaOCO ³	M/100	72	Transparence
NaCNS	M/100	55	Trouble assez fort
NaCO ³	M/100	68	Transparence
Na ² SO ⁴	M/10	0,1	Trouble
Na ³ PO ⁴	M/100	16,0	Trouble
Na ³ FeCN ⁶	M/100	8,0	Trouble
Na ⁴ FeCN ⁶	M/100	0,5	Trouble
BaCl ²	M/100	55	Trouble
MgCl ²	M/10	55	Coagulation
CuCl ²	M/100	55	Transparence
PbCl ²	M/10	50	Transparence
UOCl ²	M/100	56	Transparence
CdCl ²	M/10	44	Trouble fort
LaCl ³	M/20	45	Opalescence
FeCl ³	M/100	52	Transparence
AlCl ³	M/100	50	Transparence
CeCl ³	M/100	40	Transparence
ThCl ⁴	M/20	52	Trouble rose
SnCl ⁴	M/10	50	Opalescence

TABEAU VII.
GÉLIFICATION DE LA CASÉINE PAR L'ACIDE LACTIQUE EN PRÉSENCE DES
ANTICOAGULANTS à 15° C. (CASÉINE 7,5 % M, NaOH M/40, ACIDE LACTIQUE 0,75 M)

Substances	Concentrations de la soude	Gélification (jours)	Phénomènes collatéraux
NaF M/30 . . .	M/20	0,15 (contre 22)	Opalescence
NaF M/10 . . .	M/40	44 (contre 56)	Opalescence
Oxalate de Na	M/100 M/40	50 (contre 56)	Transparence
Urée M/30 . .	M/20	49 (contre 22)	Transparence
Urée M/10	M/40	55 (contre 56)	Transparence
Glycocholate de Na	M/100 M/40	51 (contre 56)	Transparence
Peptone-sérine 5 % . .	M/40	15 (contre 56)	Transparence
Acétylarsane 10 %	M/40	46 (contre 56)	Transparence

anticoagulantes non seulement en ce qui concerne la coagulation sanguine mais aussi d'autres processus de coagulation, n'empêchent nullement la gélification des dispersions sodiques de la caséine ; bien au contraire, certaines parmi elles, à des doses convenables, accélèrent nettement cette gélification.

CONCLUSIONS

L'ensemble de ces recherches permet de fixer les faits suivants :

1. Les dispersions sodiques de la caséine se gélifient par diverses substances chimiques, contrairement aux assertions éparpillées dans diverses monographies.

2. L'action gélifiante de ces diverses substances est additive : ainsi, au pouvoir gélifiant d'un acide, tel que l'acide lactique, s'ajoute celui d'une base, telle que la soude caustique ; certains sels accélèrent la gélification des dispersions de la caséine par une base, par un acide ou par toute autre substance.

3. Le phénomène de la gélification revêt parfois un caractère de périodicité en fonction de la concentration employée ; c'est le cas de l'acide chlorhydrique.

4. Les gels formés donnent lieu à une synérèse plus ou moins rapide ; ceci s'observe avec des gels obtenus par l'action de la soude caustique ; dans d'autres cas la synérèse n'a pas lieu même au bout de 2 mois d'observation.

5. Les gels formés par les sels solubles de Ca se liquéfient ; le phénomène est donc réversible.

6. L'addition à une dispersion de la caséine dans NaOH, soit de l'acide lactique, soit de chlorure de Ca, provoque la formation d'une membrane blanche avec chaque goutte des réactifs en question ; ces membranes se redispersent par agitation.

7. L'aspect des gels obtenus par l'action de sels Ca est particulier : pour une concentration déterminée on voit un gel blanc se liquéfier par agitation légère et se solidifier par le repos (thixotropie), rappelant par cette réversibilité et par sa consistance le kéfir de lait.

8. L'action des électrolytes, incapables par eux-mêmes de gélifier les dispersions sodiques de la caséine, est assez enchevêtrée : certains accélèrent la gélification, d'autres la retardent, d'autres encore ne semblent point l'influencer à des doses expérimentées ; par ailleurs, cette action des électrolytes dépend, pour certaines d'entre eux, de la concentration finale employée. Compte tenu de ces remarques générales, on peut classer les électrolytes étudiés de la façon suivante :

a) Accélérateurs : Cl, Br, SO^4 , PO^4 , FeCN, parmi les anions, et Mg, Cd, La et Ce parmi les cations.

- b) Retardants : Ba, Cu, Fe, Al et Sn.
- c) Sans action : Pb, Ur, Th.
- d) L'action renversée selon la dose : I, HCO^3 , CO^3 .

Lorsque l'on compare les résultats concernant l'action des électrolytes avec ceux signalés par LOERCHER, et E. DUCLAUX, on constate un accord en ce qui concerne Mg, Ca, Cd, NO^3 , SO^4 , et un désaccord pour d'autres ions. Il convient, toutefois, de remarquer que les auteurs signalés ne sont pas, eux aussi, d'accord ni entre eux, ni avec SOXHLET, ou SOELDNER.

9. Les substances réputées comme anticoagulants sanguins, telles que l'oxalate, le fluorure, le polyæthanolate de Na et les arsenobenzènes n'ont aucune action antigélifiante en ce qui concerne les dispersions de la caséine additionnées d'acide lactique.

BIBLIOGRAPHIE

- M. ARTHUS et PAGÈS. *Arch. de Physiol.*, t. I, 1890, p. 540.
 BLEYER et SEIDEL. *Koll Zeit.*, t. XXX, 1922, p. 117.
 BRIOT. *C. R. Acad. Sc.*, 1907, p. 1164.
 J. EFFRONT. Les catalyseurs biochimiques, Paris 1914, Dunod, éditeur.
 W. L. DAVIES. *The Chemistry of Milk*, 1936, Chapman and Hall, éditeurs, London.
 E. DUCLAUX. *Ann. Inst. Agron.*, t. I, 1882, p. 1.
 Le Lait, Paris, 1887, Baillière, éditeur.
 Ann. Inst. Pasteur, t. VII, 1893, p. 16.
 Traité de Microbiologie, t. II, Paris, 1901, Masson, éditeur.
 O. HAMMARSTEN. *Zeit. physiol. Chem.*, t. XXII, 1897, p. 103.
 W. KOPACZEWSKI. Voir pour la bibliographie concernant la gélification :
 Bull. Sc. Pharmacol., t. XLII, 1935, p. 135, ou *Bull. Ass. Cancer.*, t. XXIV, 1935, p. 551, ou *Protoplasma*, t. XXV, 1935, p. 16.
 KREIDL et NEUMANN. *Pflueger's Arch.*, t. CXXIII, 1908, p. 323.
 LOEWENHARDT. *Zeit. Physiol.*, t. XLI, 1900, p. 177.
 LOERCHER. *Pflueger's Arch.*, t. XLIX, 1890.
 OPPENHEIMER. *Handb. Bioch.*, t. I, 1924, p. 661.
 M. PIETTRE. *C. R. Acad. Sc.*, t. CXC VII, 1931, p. 1041.
 Ch. PORCHER. *Le Lait au point de vue colloïdal*, Lyon, 1929, « Le Lait », éditeur.
 RICHARDSON et PALMER. *Third Colloid Symposium Monograph*, New-York, 1925.
 ROBERTSON (Brailsford). *Physic. Chemistry of Proteins*, New-York, 1918, Longmans et Greens, éditeurs.
 P. RONA et GABBE. *Bioch. Zeit.*, t. CXXXIV, p. 39.
 SOELDNER. *Zeit. Biol.*, t. XXXVI, 1898, p. 277.
 SOXHLET. *Munch med. Woch.*, t. XXXX, 1893.
 VAUDIN. *Ann. Inst. Pasteur*, t. VIII, 1934, p. 1164.
 WIEGNER. *Koll Zeit.*, t. VIII, 1911, p. 227.
 WRIGHT. *Biochem. Journ.*, t. XVIII, 1924, p. 245.