la β carotène en solution dans l'éther de pétrole en opérant à ces longueurs d'onde et on peut en déduire par conséquent la teneur en carotène de la solution examinée.

On a constaté d'ailleurs que quelle que soit la longueur d'onde employée, la concentration en carotène qui résulte des mesures est constante si la solution de carotène est convenablement purifiée et en particulier si les autres pigments des plantes ont été convenablement éliminés. Si au contraire, en opérant avec les trois longueurs d'onde indiquées, on obtient des concentrations différentes pour le carotène, ces différences étant plus grandes que les erreurs normales admises en spectrophotométrie, on prendra la moyenne des trois lectures ou on recommencera l'essai, afin de procéder à une meilleure purification de la solution de carotène.

RÉFÉRENCES

- [1] H. R. GUILBERT. *Ind. Eng. Chem. Ed. anal.*, t. VI, 1934, p. 452.
- [2] F. M. SCERTZ. *Plant Physiol.*, t. III, 1928, p. 211.
- [3] H. B. SPRAGUE. *Science*, t. LXVII, 1928, p. 167.
- [4] W. J. PETERSON, J. S. HUGHES et H. F. FREEMAN. *Ind. Eng. Chem. Ed. anal.*, t. IX, 1937, p. 71.

REVUE BIENNALE DES PROGRÈS DE LA SCIENCE LAITIÈRE (1)

LA VALEUR NUTRITIVE DU LAIT ET DES PRODUITS LAITIERS

par

S. K. KON

National Institute for Research in Dairying, University of Reading.

INTRODUCTION

La présente étude passe en revue les travaux publiés entre le printemps de 1934 et le début de 1936. Ces travaux traitent principalement du lait de vache consommé sous sa forme liquide, mais on a étudié également la valeur nutritive des différents produits laitiers et, dans certains cas, il a fallu se reporter à des travaux publiés depuis 1932. Comme dans les précédentes revues [1] on a consulté, dans tous les cas où cela était possible, les originaux. Ceux pour lesquels on n'a pu que consulter les extraits sont soulignés en faisant précéder la référence bibliographique d'un astérisque.

(1) *The Journal of Dairy Research*, vol. VII, n° 2, mai 1936, p. 192-210.
(Traduction G. Génin.)

GÉNÉRALITÉS

La deuxième édition de « Fundamentals of Dairy Science » [2] contient un chapitre très complet sur la valeur nutritive du lait et des produits laitiers. On trouvera également des informations très intéressantes sur cette question dans le récent livre publié par DAVIES [3] sur la chimie laitière. Le rapport de HISCOCK [4] mérite d'être consulté. Enfin le livre de ANGELICI [5] contient des informations d'ordre pratique sur la valeur du lait comme aliment.

Si on en juge d'après le nombre des travaux, les deux sujets principaux qui avaient déjà attiré l'attention des chercheurs dans la précédente revue biennale : « L'influence de la chaleur sur le lait » et « Les méthodes permettant d'augmenter la teneur du lait en certaines substances », ont fait encore l'objet de nombreuses recherches.

LAIT DE VACHE

1. Valeur nutritive d'après les expériences de laboratoire.

A. LAIT CRU

a) Généralités.

ELVEHJEM et ses collaborateurs [6] ont constaté des différences saisonnières dans la valeur nutritive du lait en donnant à des rats une nourriture constituée exclusivement de lait additionné de fer, de cuivre et de manganèse. On constate une croissance plus rapide de ces animaux lorsqu'ils sont alimentés avec le lait d'automne que lorsqu'ils reçoivent du lait d'hiver (décembre à février).

Les Auteurs suggèrent que cette différence peut être due à des changements dans la teneur en vitamine B⁴ du lait, mais on rappellera que l'existence de cette vitamine est problématique [7]. Comme d'autre part, il n'est pas indiqué dans cette étude la quantité de lait absorbée par les animaux, on ne peut pas savoir si les différences constatées sont dues à un changement d'appétit ou à une plus ou moins bonne utilisation du lait. D'après PETERSON et ses collaborateurs [8], le lait fourni par des animaux recevant une nourriture conservée en silo (préparée par le procédé A. I. V.) est supérieure au lait d'hiver. On constate des variations saisonnières semblables dans la valeur nutritive des sérums préparés en partant du lait écrémé par traitement avec la présure, puis chauffage. Ce point a été signalé par STERN et ses collaborateurs [9].

Des quantités de fluor en proportion suffisante pour être toxiques ajoutées à la nourriture des vaches n'ont pas d'action sur la valeur nutritive du lait donné comme nourriture aux rats [10].

L'importance nutritive du lait a été démontrée d'une façon très nette au cours d'expériences prolongées de ORR et ses collaborateurs [11] qui ont montré que la nourriture des populations

ouvrières peut être notablement améliorée par addition de lait et de légumes.

KEIL et NELSON [12] ont poursuivi leurs travaux sur la stérilité de rats recevant comme nourriture du lait additionné de fer et de cuivre. Ils sont arrivés à la conclusion que la stérilité n'est pas due à la dégénérescence des organes sexuels, car les mâles continuent à produire des spermatozoïdes et les femelles peuvent mettre bas dès que leur nourriture est modifiée.

b) Vitamines.

Cette question est plus à l'ordre du jour que jamais et de nombreuses études ont été publiées sur ce sujet. Il est intéressant de signaler que l'on fait appel de plus en plus à la notion des standards internationaux, ce qui permet de rapprocher, en vue de comparaisons quantitatives, des études faites par différents auteurs. Toutefois, il reste encore un grand champ d'action en vue d'améliorer les méthodes de standardisation de la teneur en vitamines et de nombreux points devront être éclaircis, avant qu'un accord général puisse être obtenu.

La valeur la plus élevée pour la vitamine A a été donnée par un laboratoire qui a indiqué [13] qu'un beurre de pâturage contenait 20 unités internationales de vitamine A par gramme de beurre. Un autre laboratoire [14] a signalé l'existence dans un beurre non particulièrement spécifié de 200 unités de vitamine A. De telles différences entre des résultats obtenus par des spécialistes éminents laissent un doute concernant la précision des méthodes existantes. On verra plus loin des résultats analogues en ce qui concerne la vitamine D. A côté des traités généraux déjà signalés, il existe d'autres études contenant des renseignements sur les vitamines du lait [15 et 16]. L'existence des vitamines A et C a plus particulièrement été signalée dans une autre étude [17].

1 VITAMINE A. — De tous les travaux publiés sur la question des vitamines, ceux qui concernent la vitamine A et son précurseur le carotène, sont plus nombreux que ceux relatifs à toutes les autres vitamines. Ces travaux ont surtout trait à la transformation du carotène en vitamine ou vice versa, et au passage du carotène contenu dans la nourriture des animaux dans le lait et à sa transformation en vitamine A. Cette modification biochimique est aujourd'hui si bien connue que les travaux qui proposent un mécanisme qui semble erroné [18] causent une réelle surprise.

Le dosage physique du carotène dans le beurre présente encore certaines difficultés. En ce qui concerne son dosage par l'examen spectrophotométrique du beurre, les opinions concernant l'applicabilité de la loi de Veer sont partagées [19, 20]. Si pour effectuer

des mesures plus exactes, on commence par saponifier le beurre avant de l'examiner au spectrophotomètre, on rencontre des difficultés d'autre nature. Une de ces dernières provient de ce que le carotène contenu dans les solutions des résidus non saponifiables est plus instable que la vitamine A [21]. Une autre difficulté a trait à l'existence de différents isomères du carotène. D'après KUHN et ses collaborateurs [22], l'isomère β est biologiquement 2 fois plus actif que les variétés α et γ . Aussi, pour avoir une signification biologique, le dosage spectrophotométrique du carotène dans le beurre doit permettre de dire quels sont le ou les isomères présents dans ce produit et en quelles proportions. Ce résultat peut être obtenu par un examen chromatographique [23] qui d'après GILLAM et EL RIDI [24] peut conduire facilement à des erreurs importantes.

L'addition de matières colorantes artificielles au beurre est condamnée en Angleterre [25]; par contre, en Allemagne, on préfère les colorants chimiques plus stables au carotène [26, 27], car on estime, ce qui est très douteux, que même le beurre d'hiver contient une quantité suffisante de vitamine A. L'efficacité biologique relative de la vitamine A et du carotène du beurre a été étudiée par BOOTH et ses collaborateurs [28] qui estiment que la vitamine A du beurre a un potentiel 6 fois plus grand que celui du carotène, quoiqu'ils admettent que la méthode qu'ils ont adoptée de calcul indirect peut conduire à des erreurs appréciables. Il est intéressant de noter à ce point de vue que KRAYBILL et SHREW SBURY [29] ont récemment indiqué que le carotène, dissous dans le beurre qui a été complètement décoloré et privé de vitamine A, par traitement au moyen du réactif de Lloyd, a un potentiel biologique 2 à 3 fois plus faible que celui de la même quantité de carotène dissoute dans l'huile de coton. La stabilité du carotène dans le beurre a été contrôlée par des méthodes spectrophotométriques.

Des observations très intéressantes sur la coloration du beurre fabriqué lors de l'Exposition laitière d'octobre pendant les 10 jours qu'a duré cette manifestation, ont été récemment décrites par WHETHAM et HAMMOND [30]. KNUDSEN et NIELSEN [31] ont publié des observations sur les variations saisonnières de la coloration des beurres danois.

De nombreux rapports ont été publiés concernant l'influence sur la teneur en vitamine A et en carotène du lait et du beurre de la nature de la nourriture des animaux (produits conservés en silo par le procédé A. I. V.) [32, 8, 33, 34, 35, 13]. Tous les auteurs sont d'accord avec le fait que cette augmentation de l'activité de la vitamine A dans le lait d'hiver présente beaucoup d'intérêt. Toutefois, tous ne sont pas d'accord avec les personnes qui préconisent cette nourriture [33] et d'après lesquelles le lait obtenu

en hiver serait tout à fait identique au lait d'été au point de vue de sa teneur en vitamine A et en carotène [8, 35]. On a obtenu également de bons résultats en donnant aux animaux des produits conservés en silo par les procédés ordinaires [36], du foin (particulièrement celui qui est spécialement séché par un procédé artificiel) et de l'herbe séchée artificiellement [35, 37 et 38]. La haute teneur en carotène de ces aliments ne se retrouve pas d'ailleurs entièrement dans le lait et la proportion de carotène dans le lait ne représente généralement pas plus de 3,5% de la quantité de carotène contenue dans les aliments fournis aux animaux [8, 38, 39].

D'après FRAPS et ses collaborateurs [40] on peut, en donnant aux animaux des aliments à plus faible teneur en carotène, obtenir une meilleure utilisation de ce dernier qui peut s'élever jusqu'à 87%, mais il est possible dans ce cas que ce rendement apparemment élevé soit dû à ce que les animaux vivent sur leurs réserves. En effet, COPELAND et FRAPS [41] avaient montré antérieurement dans ce cas que l'utilisation de la quantité de carotène contenue dans les aliments ne dépasse pas 2%. Toutes ces études sont compliquées du fait que normalement les vaches digèrent le carotène, mais peuvent également sécréter du carotène et de la vitamine A.

Dans les travaux précédents, certaines des évaluations ont résulté d'observations biologiques [38, 40, 41]. D'autres au contraire résultent partiellement [8] ou totalement [39] de mesures physiques.

On est généralement d'accord sur le fait que lorsqu'on donne aux animaux de l'herbe séchée artificiellement ou des produits conservés en silo, en quantité suffisamment importante, on permet à ces animaux de fournir une quantité suffisante de carotène et de vitamine A pour que le beurre contienne une proportion normale de ces produits. Mais si on augmente au-delà des quantités suffisantes la ration des animaux, il n'en résulte pas pour cela une augmentation de la teneur en carotène du lait, à moins que les animaux aillent au pâturage [35, 36, 37].

HILTON et ses collaborateurs [37], ainsi que WILBUR et ses collaborateurs [42] ont publié de très intéressantes observations sur l'action de l'addition au fromage de fèves de soja rôties ou crues.

Il semblerait que cette addition gêne l'assimilation du carotène et abaisse la teneur en vitamine A du beurre.

BOOTH et ses collaborateurs [28] n'ont pas trouvé de différence en ce qui concerne la teneur en vitamine A entre des échantillons de beurre de Guernesey ou de Shorthorn produits en hiver, en été ou en automne. Les beurres de Guernesey contiennent, quelle que soit la saison, plus de carotène et moins de vitamine que le beurre de Shorthorn. BEESON [43] a publié des observations du même ordre sur le beurre de Guernesey, de Holstein et de Ayrshire. Il

semblerait que le lait fourni par ces races de vaches est d'autant plus riche en vitamine A qu'il est riche en matière grasse. On citera également que SUTTON et KRAUSS [44] indiquent à la suite de la réunion de renseignements statistiques que les beurres de Holstein et de Guernesey doivent être préférés aux beurres de Ayrshire et de Jersey au point de vue de leur teneur en vitamine A, lorsque cette teneur est appréciée par un procédé biologique. Ces auteurs ont également constaté des différences en ce qui concerne la teneur en carotène de ces divers produits.

SEMB et ses collaborateurs [45] ont confirmé l'opinion de DRUMMOND [46] ainsi que les observations récentes de DAMM [47] d'après lesquelles le colostrum serait plus riche en vitamine A et en carotène que le lait normal. D'après SEMB le système sanguin de la vache constituerait un important réservoir de carotène.

D'après GILLAM et EL RIDI [48], le sérum du sang de vache en hiver et en été contiendrait beaucoup plus de carotène et de vitamine A que le sérum du sang de taureau. Étant donné que ces animaux ne sont pas nourris de la même façon, il est impossible de dire si ces différences sont dues à ce que ces animaux n'ont pas le même sexe, ou à la nature de leur nourriture.

On trouvera dans différents documents des renseignements sur l'activité en vitamine A du lait de diverses saisons [49, 50, 17, 51]. Ce dernier travail contient également des indications sur la teneur en carotène et en vitamine A d'après la mesure colorimétrique au colorimètre Lovibond.

2 LE COMPLEXE VITAMINE B. — Le nombre des documents sur ce sujet est réduit. DUTCHER et ses collaborateurs [52] ont étudié la teneur en vitamine B¹ et B² du lait.

La découverte de KUHN et de son école concernant l'activité en vitamine B² de la lactoflavine a été rappelée dans la revue précédente [1]. Il ne semble pas toutefois que la relation existant entre ces deux produits soit aussi simple qu'on le pensait à ce moment. BIRCH et ses collaborateurs [53] ont étudié le rôle de la lactoflavine et des autres constituants du complexe vitamine B. Le lait [54] contiendrait de la lactoflavine libre mais non des éthers de ce produit.

3 VITAMINE C. — Le dosage chimique de la vitamine C dans le lait par titrage au moyen de 2-6-dichlorophénolindophénol montre que la teneur en vitamine C du lait est indépendante de la saison [50, 17, 51, 55] et du mode de nourriture [55]. Cette dernière étude donne également les résultats de dosages biologiques. ROHMER [56] indique que la teneur en vitamine C varie suivant la saison, mais non suivant la nature des aliments. Une nouvelle étude de l'influence

de la lumière sur l'acide ascorbique du lait [1] a montré tout d'abord que l'oxydation initiale est réversible, mais lorsque l'exposition se prolonge, l'oxydation devient irréversible [57]. Une fois que la réaction a démarré sous l'influence de la lumière elle peut également se prolonger dans l'obscurité [58]. CARO et SPEIER [59] ont étudié au point de vue vitamine C le lait cru recueilli dans la région de Milan. La teneur en vitamine C de ce lait est très faible, mais comme la méthode de dosage employée ne permet pas d'estimer l'acide ascorbique qui a pu être oxydé d'une façon réversible, les chiffres publiés ne sont pas rigoureux. La même observation s'applique aux travaux de JACOBSEN [60]. FELLERS [61] donne quelques indications concernant la teneur en vitamine C du lait déterminée par des méthodes biologiques.

4 VITAMINE D. — BATCHELDER [62] a donné la teneur en vitamine D de quelques échantillons de lait et de beurre. On trouvera également des indications concernant la teneur en vitamine D du beurre danois dans les travaux [50] et [63]. COWARD et MORGAN [14] ont déterminé la teneur en vitamine D de 17 échantillons de beurre de laiterie et ils ont trouvé des chiffres compris entre 0,4 et 4 unités internationales par gramme, avec un chiffre moyen de 1, 2 unités. Ces résultats sont étonnants car, dans de nombreux essais effectués sur des beurres fabriqués dans le sud de l'Angleterre, l'auteur de cette revue n'avait jamais obtenu, même pour les meilleurs beurres de pâturage de chiffre supérieur à 0,7 unités [64]. FELLERS [61] a également donné quelques indications concernant la teneur en vitamine D du lait.

c) Autres constituants.

1° Lactose. — La valeur nutritive du sucre essentiel du lait a occupé l'esprit des chercheurs pendant beaucoup d'années et de récentes observations nous apportent des résultats intéressants. Le lactose, lorsqu'il est ajouté en quantité suffisante à des rations rachitogéniques, peut présenter une influence antirachitique très nette, lorsqu'on étudie la nourriture de poulets [65] et de rats [66].

Il est probable que ce résultat est dû à une augmentation de l'acidité du liquide intestinal et à une meilleure absorption des éléments qui constituent les os. Le lactose est en général peu utilisé par les animaux adultes, une revue des études publiées sur ce sujet se trouve dans un document établi par KOEHLER et ALLEN [67]. Les expériences entreprises par ces deux auteurs ont permis de constater que 40 à 50 % du lactose consommé par les rats peut être perdu. L'action acidifiante du lactose serait due à la fermentation du sucre non absorbé.

Un fait notable a été signalé par différents laboratoires d'où

il résulterait que l'addition de quantités importantes de lactose à la nourriture synthétique de rats pourrait entraîner la formation de cataractes [68, 69]. Le développement des symptômes de cette maladie est pratiquement parallèle à la concentration en lactose des aliments distribués aux animaux. C'est ainsi qu'une nourriture contenant 70% de lactose produit une cataracte dans 70% du nombre des animaux examinés au bout de 10 semaines. Si la nourriture contient 50% de lactose, le nombre des animaux malades n'est plus que de 30% et la durée de l'incubation de la maladie est de 17 semaines. Lorsque la nourriture ne contient plus que 30% de lactose, on ne constate plus de cas de cataracte, mais on observe une modification du cristallin qu'il est possible de déceler au bout de peu de temps, même lorsque la nourriture ne contient qu'une faible proportion de lactose.

Comme on pouvait le prévoir, le galactose produit le même effet [70, 71, 72]. L'action du galactose est très rapide et la cataracte peut se développer en une quinzaine. Les lapins semblent réfractaires à l'action du lactose et on ne constate aucun phénomène dont serait le siège le cristallin, même lorsqu'on ajoute une proportion de 70% de lactose à la nourriture de ces animaux [68]. On pense que le lactose et le galactose doivent intervenir dans le métabolisme du cristallin ; toutefois le mécanisme de l'action de ces sucres n'est pas encore parfaitement défini. On a émis l'hypothèse [69] que des rats recevant du lactose sont hyperglycémiques. Des descriptions cliniques du développement d'une cataracte provenant de la nature des aliments est donnée dans les études 68 et 72. L'histopathologie est donnée dans une étude 73.

On a calculé que des rats recevant comme nourriture uniquement du lait de vache additionné de fer, de cuivre et de manganèse, absorbent une quantité de lactose représentant 40% des matières solides qu'ils consomment. Pendant 5-génération, on a uniquement nourri des rats avec cette ration alimentaire [74]. Malgré cela il n'a pas été constaté de dégénérescence du cristallin chez les rats recevant ce lait minéralisé et on peut se demander si le lactose n'est toxique que lorsqu'il est ajouté isolément à la ration. Un examen ophtalmoscopique de 24 rats qui pendant 180 jours ont reçu comme nourriture exclusive du lait additionné de fer, de cuivre et de manganèse n'a révélé aucun phénomène anormal [75]. WHITTIER et ses collaborateurs [76] ont constaté que les rats qui reçoivent du lactose sont moins gras que ceux qui reçoivent des quantités correspondantes de sucrose. Les animaux recevant du lactose vivent plus longtemps que leur descendance recevant du sucrose.

Il a été indiqué dans le « 7th Biennial Report of the Kansas

Agricultural Experiment Station » [77] que le cerveau des rats à la nourriture desquels on a ajouté 20 % de lactose contient beaucoup plus de cérébrosides que le cerveau des rats recevant une quantité équivalente de sucrose.

2° Lait de caillebotte naturel et artificiel. — Les spécialistes des Etats-Unis et du Canada s'intéressent de plus en plus à la question du lait de caillebotte qui a pris une certaine importance commerciale. Les études de THEOPHILUS [78], de BERRY [79] et plus spécialement de DOAN et WELCH [80] contiennent d'intéressantes informations sur le lait artificiel ou naturel de caillebotte obtenu par chauffage, par homogénéisation ou par échange de base. La fabrication du lait de caillebotte par échange de base a été décrite par OTTING et KULLIGAN [81]. On étudiera plus loin l'intérêt de ce lait dans la nourriture humaine.

Les résultats d'expériences effectuées sur les animaux méritent beaucoup d'attention, car le lait de caillebotte est normalement pauvre en caséine et quoique certaines vaches normales produisent un lait à faible teneur en caséine, cette faible teneur est souvent un indice de mastite.

3° Minéraux. — DAVIDSON et LEITCH [82] ont étudié l'anémie expérimentale causée par le lait. DANIELS et EVERSON ont montré d'une façon indiscutable le rôle important joué par le manganèse dans la nutrition et la trop faible teneur en ce métal du lait de vache. Au cours de leurs essais, la très haute mortalité de jeunes rats provenant de mères dont la nourriture était constituée de lait additionné de fer et de cuivre, n'est pas améliorée lorsque ces jeunes rats sont alimentés par des mères recevant une nourriture normale. Il semble donc que les premières secrètent un lait apparemment satisfaisant et capable d'assurer la croissance des jeunes rats ; si donc leur progéniture succombe, cela semble dû à une débilité congénitale provenant d'un manque de manganèse dans l'organisme de la mère. PORTER [83] a montré que l'anémie due au lait prédispose les rats à l'infection par le *Nippostrongylus muris* et l'addition de fer ou de cuivre n'améliore pas la résistance des rats à cette infection.

4° Protéines du lait. — FAIRBANKS et MITCHELL [84] donnent aux protéines du lait cru une digestibilité vraie de 95 et un indice biologique de 90.

B. LAITS TRAITÉS

a) Lait chauffé.

1 GÉNÉRALITÉ. — Il n'existe pas à la connaissance de l'Auteur d'étude générale sur l'influence du traitement par la chaleur sur le

lait. Toutefois, McCANDLISH et BLACK [85] ainsi que McHENRY [86] ont indiqué dans leurs travaux un sommaire très complet de la littérature sur ce sujet. McCOLLUM a publié une courte étude critique d'après laquelle l'opinion de l'Auteur, qui repose sur ses travaux et ceux de ses collègues, est que le lait cuit (pasteurisé, desséché ou concentré) est équivalent au point de vue nutritif au lait cru. Le « Scottish Journal of Agriculture » [88] donne une très intéressante collection d'opinions des spécialistes sur l'influence de la pasteurisation sur la valeur nutritive du lait.

Parmi les travaux originaux, on citera les suivants : dans l'étude 6 déjà signalée, on étudie les différences de valeur nutritive entre le lait cru et le lait pasteurisé. Les Auteurs estiment que la saison ou la nature des aliments donnés aux animaux a une plus grande influence sur la valeur nutritive du lait que sur la pasteurisation. La pasteurisation n'a pratiquement pas d'influence défavorable sur la valeur nutritive du lait de haute qualité, mais par contre diminue la valeur nutritive du lait de basse qualité nutritive. Ces constatations ont été faites en utilisant comme sujets des rats et les remarques concernant la précision de ces essais ont déjà été données plus haut.

LASBY et PALMER [89] ont trouvé que le lait pasteurisé au laboratoire dans des récipients en verre semble ne pas favoriser aussi bien la croissance des animaux que le lait cru ; il favoriserait au contraire l'anémie, mais les différences ne sont pas suffisantes pour pouvoir en déduire des conclusions absolues.

Lorsque du lait pasteurisé commercialement est comparé à du lait cru en opérant comme l'ont fait LASBY et PALMER sur du lait pasteurisé en laboratoire, on constate au contraire des résultats inverses et la teneur en hémoglobine du sang des rats nourris au lait pasteurisé est très en faveur de ce mode de nourriture. La supériorité du lait pasteurisé dans des conditions industrielles a été attribuée au fer et au cuivre dont ce lait s'enrichit au cours de la pasteurisation. BRANNON et PRUCHA [90], en opérant sur des rats, ont également comparé le lait avant et après pasteurisation et ils ont constaté que les rats recevant du lait pasteurisé comme unique nourriture, se développent mieux que les rats nourris au lait cru. Ces Auteurs suggèrent que l'infériorité du lait cru pourrait être due à des causes bactériennes. Aucun fait ne permet de confirmer cette hypothèse et si on en juge par les symptômes décrits par ces Auteurs, il semblerait plutôt que les animaux recevant du lait cru souffrent d'une anémie d'origine nutritive, tandis que les autres ont trouvé dans le lait pasteurisé le fer et le cuivre nécessaires à leur croissance. HERTEL [91] a trouvé la même infériorité du lait cru vis-à-vis du lait pasteurisé et plus spécialement

du lait pasteurisé pendant 12 secondes à 76° C dans un appareil industriel. La pasteurisation basse telle qu'elle était effectuée par cet Auteur avait lieu à 63° et était prolongée pendant 30 minutes, mais la nature de l'appareillage n'est pas indiquée. Les expériences entreprises par cet Auteur ont montré que les rats recevant du lait cru perdent le plus de poids et meurent au bout de 90 jours. Ceux qui reçoivent du lait pasteurisé en laboratoire meurent au bout du même temps, mais perdent moins de poids ; ceux qui reçoivent du lait pasteurisé industriellement à haute température vivent pendant 180 jours et augmentent de poids. L'Auteur a émis l'hypothèse que la résistance vitale des rats recevant du lait cru est abaissée par le fait qu'ils absorbent des protéines du lait non modifiées et qu'ils succombent à une infection par le *B. enteritidis*. Il est possible également que la mort des animaux soit due à une anémie par manque de cuivre.

OKADA et SANO [92] ont étudié sur des souris l'influence du chauffage du lait à différentes températures et ils ont constaté que la valeur nutritive du lait diminue lorsque la température augmente. CIMMINO [93] n'a pas trouvé de différences dans la croissance des rats recevant comme nourriture unique du lait cru ou du lait pasteurisé, additionné de fer.

La proportion dans laquelle la valeur nutritive du lait risque d'être modifiée par la pasteurisation n'est pas encore parfaitement définie ; d'autres études sur cette question seront mentionnées plus loin.

2 VITAMINES. — D'après les études 17 et 51, la vitamine A du lait n'est pas affectée par la pasteurisation ou la stassanisation, mais DE CARO et SPEIER [59] estiment que la teneur en vitamine A subit une légère diminution qu'on observe également après 2 heures d'ébullition du lait. Ces Auteurs ont constaté que la pasteurisation ou l'ébullition n'ont aucune action sur la vitamine B du lait. Par contre, DUTCHER et ses collaborateurs [52] ont constaté que tous les traitements suivants entraînent une certaine perte de vitamine B¹ et B² : pasteurisation dans un récipient en verre, pasteurisation sous pression à vide, pasteurisation et aération, ébullition pendant 10 minutes. L'ébullition a la plus petite influence et, ce qui est surprenant, la pasteurisation dans le vide partiel a l'influence la plus importante. Il est d'ailleurs regrettable que les expériences n'aient été faites que sur des animaux sélectionnés.

Contrairement aux conclusions de ces recherches, DAVIS et NORRIS [94] ont trouvé que le fait de maintenir du lait écrémé dans des réservoirs à 170° F. pendant 24 heures n'a pas d'influence sur la teneur en vitamine B² (expérience effectuée sur des poulets).

Tous les auteurs qui ont étudié ce problème [50, 17, 51, 59, 61, 95 et 96] ont constaté que la pasteurisation entraîne une certaine perte de vitamine C. Toutefois la pasteurisation à haute température [95] et la stassanisation [50, 17, 51] sont presque sans effet. La pasteurisation en laboratoire et la pasteurisation après que l'air a été chassé du lait par le vide [96] exercent la même action sur la teneur en vitamine C.

La teneur en vitamine B n'est pas affectée par la pasteurisation [61].

3 AUTRES FACTEURS. — LASBY et PALMER [89] ont étudié le métabolisme de l'azote, du calcium et du phosphore de rats adultes recevant comme nourriture exclusive du lait cru ou du lait pasteurisé en laboratoire additionné de fer et de cuivre. On n'a pas constaté de différence au point de vue assimilation de ces éléments entre les deux modes de nourriture. Par erreur, il a été indiqué dans l'original les excrétions en % au lieu des rétentions. Aussi une correction a-t-elle été publiée sur ce travail [97].

b) *Lait irradié et lait vitaminé.*

Au cours des deux années qui se sont écoulées depuis la précédente revue, le problème de l'augmentation de la teneur en vitamine D du lait n'a pas perdu de sa popularité et de nombreuses études ont été publiées sur ce sujet. Strictement parlant, le lait produit normalement par des vaches recevant des soins spéciaux ne peut être considéré comme un lait traité; toutefois, il a semblé plus logique d'étudier dans ce chapitre la question du lait fourni par des vaches à la nourriture desquelles on ajoute des substances puissamment antirachitiques.

Les méthodes qui permettent d'augmenter la teneur en vitamine D des produits laitiers ont été résumées par KRAUSS et BETHKE [98], ainsi que par PALMER [99]. L'étude des trois méthodes qui permettent d'obtenir cette irradiation : addition de levure irradiée à la nourriture des animaux, irradiation directe du lait, addition à ce dernier d'un produit concentré en vitamine D, a été entreprise dans les publications 100, 101, 102, 103, 104, et 105. La dernière contient en particulier la photographie et la description des différents appareils qui sont utilisés pour l'irradiation. FRIEDMAN [106] a donné un exposé historique de la question. Enfin le point de vue légal aux Etats-Unis a été examiné par SMITH [107] et discuté dans une autre communication [108]. La façon dont doivent être présentés les différents laits antirachitiques aux Etats-Unis est étudiée dans la publication 109. Le Comité des produits laitiers et du lait de « L'American Public Health Association » [110] a d'ailleurs fait paraître des notes mettant le public en garde contre

des exagérations et l'« Editorial de l'American Journal of Public Health » revient souvent sur la question [111].

En ce qui concerne les études purement scientifiques, de nouvelles recherches ont été entreprises sur l'activation antirachitique du lait par activation ultraviolette, par SUPPLEE et ses collaborateurs [112, 113, 114, 115, 116, 117]. On a constaté que la formation de la vitamine D, qui est presque instantanée, s'effectue surtout à la surface du lait. Une pellicule de lait de 0 mm. 02 d'épaisseur ne laisse passer environ que 30 % de radiations de longueur d'onde comprise entre 2.500 et 2.850 U. A. venant la frapper perpendiculairement. Dans des conditions semblables, une pellicule de 0 mm. 11 d'épaisseur ne laisse passer que 5 % des radiations. En utilisant des radiations ultraviolettes de très forte intensité et en agitant d'une façon appropriée le lait au cours de son passage dans l'appareil, on peut augmenter le rendement de l'irradiation.

On a construit un compteur automatique et enregistreur de radiations ultraviolettes qui permet, lorsque les méthodes de travail sont standardisées, d'obtenir un lait qui, au point de vue de sa teneur en vitamine D, est contrôlé et très uniforme sans qu'on ait besoin de faire des prélèvements et des études longues sur les échantillons [117]. Les constituants du lait qui sont activés par l'irradiation ne comprennent pas seulement la matière grasse, car le lait écrémé, ainsi que la lactalbumine qui contient environ 18 % de la teneur totale en cholestérol du lait, peuvent être également activés [112]. On examinera à ce sujet le travail de HAMAN et STEENBOCK [118].

La physiologie du transfert de la vitamine D des aliments dans le lait chez des vaches recevant de la levure irradiée, a été examinée à nouveau par LIGHT et ses collaborateurs [119]. On a constaté que l'absorption de la vitamine commence 1 à 2 heures après l'absorption des aliments et que pratiquement la totalité des vitamines absorbées apparaît dans le sang. Une partie de ces vitamines est ensuite éliminée par les animaux et une grande partie est détruite. L'accumulation de la vitamine dans le corps semble beaucoup moins marquée que dans le cas de la vitamine A.

SCHOENLEBER et STEENBOCK [120] ont nourri des rats pendant 10 mois avec comme nourriture unique du lait enrichi en vitamine D par l'une des méthodes précédemment décrites. Ils ont constaté que cette absorption continue de quantités importantes de vitamine D n'avait pas d'influence défavorable sur ces animaux.

Il est intéressant de noter que tandis qu'aux Etats-Unis, il est très répandu d'ajouter à la nourriture des vaches de la levure irradiée, deux essais effectués en Allemagne [121, 122] avec une préparation commerciale de levure irradiée, ont donné des résultats

défavorables. Il est probable que cette conclusion est due à ce que les levures utilisées étaient défectueuses, puisqu'en particulier une d'entre elles était incapable de guérir le rachitisme des rats.

THOMAS et CANNON [123] ont étudié l'alimentation des vaches par des moisissures irradiées.

KON et HENRY [124], en donnant à des vaches environ 1 kilogramme par jour de coques de cacao, sous-produit de la fabrication du chocolat, sont parvenus à élever la teneur en vitamine D du lait fourni par ces animaux, en hiver, à la teneur normale d'été. L'activité antirachitique de ces coques est due à l'action des rayons solaires tropicaux au cours du séchage des fèves fermentées (KNAPP et COWARD, 125).

Certaines recherches qui avaient montré que, dans la nourriture des vaches laitières, l'ergostérol irradié est moins efficace que la levure irradiée, ont déjà été signalées dans la précédente revue [1]. Les travaux plus récents de KRAUSS et ses collaborateurs [126] ont confirmé ce fait; toutefois le rapport entre les efficacités de ces deux produits serait compris entre $3/1$ et $3/2$. Par contre, RUSSELL [127] n'aurait trouvé aucune différence dans l'efficacité de ces produits lorsqu'ils sont ajoutés à la ration journalière d'une vache dans une proportion correspondante à 60.000 unités Steenbock. Si cette proportion est triplée, on constate que la levure irradiée est légèrement moins efficace. L'addition d'un anti-oxydant (hydroquinone) augmente l'efficacité de l'ergostérol irradié qui devient 1,5 fois égale à celle de la levure irradiée.

En utilisant des poulets, BETHKE et ses collaborateurs [128] ont comparé l'efficacité antirachitique du lait additionné de levure et du lait irradié. Ils ont constaté qu'à teneur égale en unités de vitamine, le lait irradié est aussi bon que l'huile de foie de morue et 10 fois supérieur au lait additionné de levure. HAMAN et STEENBOCK [118] ont publié des résultats identiques.

La croyance presque universelle d'après laquelle l'ergostérol est la provitamine D du cholestérol a récemment été discutée par WADDELL [129] qui, au cours d'expériences soigneusement contrôlées et effectuées sur des poulets, a constaté que le cholestérol irradié est bien supérieur à l'ergostérol irradié et égal à l'huile de foie de morue. Cette opinion a été confirmée par HAMAN et STEENBOCK. Ceci pourrait être utilisé pour expliquer la différence d'efficacité entre le lait additionné de levure et le lait irradié, mais, ainsi que nous le verrons plus loin dans la section réservée à l'étude de la nourriture humaine, cette explication, à la lumière de récents travaux cliniques, est tout à fait inexacte. Il semble donc que malgré le grand nombre de travaux publiés sur la question, le problème

des activités relatives des différentes formes du facteur antirachitique reste encore entier.

C. PRODUITS DU LAIT.

a) Fromages.

1 GÉNÉRALITÉS. — Dans la fabrication du fromage, on risque de perdre des substances de valeur au point de vue nutritif, d'une part au moment de la séparation du sérum et d'autre part au cours du mûrissage. Le fromage préparé en partant de lait écrémé est dès son point de départ privé d'une grande partie de l'énergie et des vitamines contenues dans la matière grasse du lait. Par contre, le fromage contient sous une forme concentrée un certain nombre des constituants de valeur du lait, comme par exemple des protéines de haute qualité, des quantités importantes de calcium, et dans le cas du fromage préparé en partant de lait entier, jusqu'à 35% de la matière grasse. Il est donc inutile d'insister sur l'intérêt du fromage en tant qu'aliment de valeur. Il n'est pas étonnant non plus que la littérature relative à l'étude de la valeur nutritive du fromage se soit multipliée depuis quelques années et qu'une grande attention ait été apportée à cette question, en particulier dans les principaux pays producteurs comme l'Italie et les Etats-Unis.

VISCO [130] a donné une revue bibliographique des travaux publiés sur la question de la valeur nutritive du fromage, principalement des travaux italiens. MARTIN [131] a donné une revue plus importante à la portée des non spécialistes. DERTARELLI [132] a étudié les propriétés diététiques du fromage.

2 VITAMINES. — La teneur en vitamine A du fromage indigène de Puerto-Rico a été étudiée biologiquement par COOK et AXTMAYER [133]. Des études semblables sur le fromage de Nouvelle-Zélande ont été publiées par FRENGLEY et HERRICK [134] qui ont établi que le fromage serait plus riche en matière grasse que le beurre. COWARD et MORGAN [14] donnent pour la teneur en vitamine A la valeur de 55 unités internationales par gramme pour le fromage anglais Cheddar.

ALLEGRI [135] a étudié la teneur en vitamine B de 5 fromages italiens en utilisant des pigeons pour ces essais. Dans l'étude 134, on trouve quelques renseignements concernant la teneur en vitamine B¹ du fromage de Nouvelle-Zélande. MAMELI et GULTRERA [136] ont comparé la teneur en vitamine B du lait à celle de certains fromages, de la caillebotte et du sérum. Ils ont observé une perte dans la caillebotte et une perte encore plus marquée dans le fromage. Ils ont également comparé le lait et différents échantillons de caillebotte obtenus en utilisant 6 présures d'origines diverses. Ils

indiquent que le lait a une plus forte teneur en vitamine B, mais on ne distingue pas de différence appréciable entre les diverses caillottes [137].

Dans les travaux 135, 136 et 137, on trouve des estimations de la teneur en vitamine C de différents fromages. Toutefois les mesures faites donnent des résultats négatifs.

D'après MAMELI et CULTRERA [136, 137] la teneur en vitamine D des fromages italiens est nettement supérieure à celle du lait si on la rapporte au résidu sec. Ce résultat, étonnant, a conduit les Auteurs à se demander si la technique utilisée pour la mesure de la vitamine D était exacte ou si un autre phénomène pouvait éventuellement se produire. La teneur en vitamine du fromage de Nouvelle-Zélande, déterminée sur la matière grasse extraite, subit des variations saisonnières [134].

3 AUTRES FACTEURS. — La valeur biologique des composés azotés du fromage a été étudiée par FRENGLEY et HERRICK [134] et par BEADLES et ses collaborateurs [138]. Les premiers ont trouvé par la méthode d'Osborne, de Mendel et de Ferry et par celle de Mitchell que la valeur biologique des composés azotés du fromage de Nouvelle-Zélande est supérieure à celle de la caséine. Les autres ont comparé du Cheddar américain, du Roquefort, du fromage suisse et du Limbourg à de la caillotte provenant du lait traité par la présure ; ils ont constaté que la digestibilité de la protéine des fromages est légèrement abaissée et que la valeur biologique (Mitchell) des composés azotés du fromage suisse est inchangée et diminuée d'environ 6% dans le fromage de Limbourg. Il semble apparemment que le procédé utilisé pour le mûrissement du Limbourg a entraîné une destruction partielle d'acides aminés autres que la cystine. La teneur en calcium et en phosphore des différents fromages a été donnée par McCAMMON et ses collaborateurs [139].

b) Lait desséché et concentré.

L'élimination partielle ou presque complète de l'eau contenue dans le lait liquide qui se produit au cours de la fabrication du lait desséché ou du lait concentré s'effectue sous l'influence de la chaleur et est généralement accompagnée d'une exposition du lait à l'action de l'oxygène atmosphérique à des températures relativement élevées. L'effet de ces deux facteurs sur la valeur nutritive des laits ainsi traités a été étudié par de nombreux chercheurs.

RICE [140] a exposé, d'une façon semble-t-il optimiste, la question de la valeur nutritive du lait condensé.

La survivance de la vitamine D¹ dans les laits concentrés dépend de leur procédé de fabrication [141]. La vitamine B² est dans les mêmes conditions beaucoup plus résistante à la chaleur [94, 141,

142] et il semble que des traitements aussi sévères que celui qui consiste à maintenir le liquide à 170° F. pendant 18 à 24 heures avant le séchage ou même à griller la poudre de lait, ne modifient pas la teneur en vitamine B² du produit final [94]. Il n'est donc pas étonnant que le séchage par atomisation d'après le procédé Merrell-Soule, le procédé de séchage par atomisation de Gray-Jensen et le procédé de séchage au tambour, soient sans action sur la teneur en vitamine B du lait [94]. Les essais qui ont permis d'établir cette conclusion, ont été effectués sur des poulets. On a constaté également que la teneur en vitamine B² du sérum sec est environ la même que celle du petit lait desséché, si on la rapporte à la matière sèche [143]. L'irradiation du lait condensé serait plus économique que l'évaporation du lait irradié [144], quoique, par suite de la viscosité et de la densité des pellicules de lait condensé, l'irradiation, à conditions égales, donne un produit à moins forte teneur en vitamine D que le lait initial employé [145].

FAIRBANKS et MITCHELL [84] ont procédé à de nombreuses études sur l'influence de la chaleur sur la valeur nutritive des protéines du lait, en opérant d'une part sur du lait écrémé liquide et d'autre part sur de la poudre de lait préparée dans les conditions suivantes :

Poudre préparée au tambour : à basse température (1), à température normale (2), ayant subi un léger grillage (3), ayant subi un grillage important (4).

Sur du lait obtenu par atomisation : sans chauffage préalable (5), avec chauffage préalable (6).

On a constaté que la digestibilité de la poudre 6 n'est pas modifiée, tandis que celle des autres est abaissée légèrement, celle de la poudre 4 étant considérablement diminuée. La valeur biologique de l'azote n'est que très légèrement diminuée dans le cas des poudres 1 et 5 : 89 et 88 contre 90 pour le lait liquide. Elle s'abaisse à 82 pour les poudres 2 et 6 et à respectivement 68 et 70 pour les poudres 3 et 4. Lorsque la perte est peu importante, elle est surtout due à une modification de la teneur en cystine. Lorsque la poudre a été grillée, la lysine est également détruite.

LONDON et ses collaborateurs [146] ont étudié sur des chiens qui avaient une fissure intestinale la valeur nutritive de la poudre de lait [1] et celle du lait cru [2]. Ils ont constaté que les protéines du produit 1 sont digérées tout aussi complètement, mais plus lentement que celles du produit 2. Avec des chiens normaux, la digestibilité des protéines du produit 1 est de 94,6% contre 96% pour celle du produit 2. D'après LOUDER et SMITH [147], du lait concentré peut être conservé à l'état congelé pendant 6 mois sans

perte de sa valeur nutritive lorsqu'il est utilisé comme seul aliment pour la nourriture des rats. Différents échantillons de lait condensé provenant des différentes parties des Etats-Unis se sont révélés à l'analyse comme ayant retenu au cours de leur fabrication une quantité suffisante de cuivre pour combattre l'anémie de rats à la nourriture desquels on ajoutait exclusivement du fer chimiquement pur [148].

NEWLANDER et JONES [149] ont comparé au cours d'essais qui ont porté sur des cochons d'Inde, du lait concentré, de la poudre de lait entier, du lait écrémé et du petit lait. Ils ont constaté que le lait cru est en général supérieur à tous les autres laits, mais ils ont trouvé toutefois qu'un certain lait concentré, à dépense égale, favorisait plus la croissance des animaux que le lait cru.

(A suivre.)

LES BOISSONS FERMENTÉES DE LAIT

par

ANTONIN MOULIN

Ingénieur d'Agriculture (I. T. P. A.)

Quel liquide peut-il prétendre à d'aussi larges et aussi variés débouchés que le lait ? Et le champ des investigations n'est pas clos.

Le lait subit des transformations diverses, parfois même curieuses. Par des traitements appropriés, n'arrive-t-on pas à obtenir une matière ressemblant, à s'y méprendre, à l'ivoire, la galalith ou pierre de caséine.

A côté des transformations courantes, il est des modifications, trop inconnues du grand public qui, un jour, proche peut-être, feront les délices de bien des gourmets, et qui sont appréciées depuis des temps immémoriaux en certains pays de l'Europe orientale.

Les boissons fermentées de lait les plus répandues en Occident sont le kéfir et le yoghourt.

Kéfir. — Le kéfir ou képhir est un liquide transparent, assez visqueux, d'autant plus mousseux que sa fermentation est plus avancée, et, partant, que sa teneur en alcool est plus élevée. Lorsqu'il est bien préparé, le kéfir présente l'aspect d'une crème épaisse ; il est caractérisé par un goût aigrelet et une digestibilité remarquable, employé à cause de cela en thérapeutique contre les maladies d'estomac. Cette boisson, originaire du Caucase, est obtenue en faisant fermenter le lait de vache au moyen d'un produit pâteux, jaunâtre, qu'on désigne sous le nom de Zooglé et constitué par un agrégat mucilagineux de ferments spéciaux (bactéries et levure).

Préparation préalable. — Avant d'entreprendre la fabrication