OBSERVATIONS SUR LES QUALITÉS ORGANOLEPTIQUES DU LAIT (1)

par

S. KUZDZAL-SAVOIE et G. MOCQUOT

Station centrale de Recherches laitières
et de Technologie des produits animaux
Jouy-en-Josas

INTRODUCTION

Dans les pays où la consommation du lait en nature est très répandue, en particulier dans les pays scandinaves et anglo-saxons, on attache une grande importance à la qualité organoleptique du lait. Celui-ci est consommé très souvent froid, ce qui est certainement la manière de beaucoup la plus agréable de savourer du lait de bonne qualité, mais ce qui permet aussi au connaisseur de déceler la présence éventuelle de certains défauts que le consommateur de lait chaud ou bouilli ne perçoit pas ou perçoit moins. D'autre part, dans les pays scandinaves et anglo-saxons, la pasteurisation à laquelle le lait est soumis avant d'être livré à la consommation ne modifie que très peu le goût et l'odeur naturels du lait.

En France, l'obtention d'un lait de bonne qualité organoleptique n'a pas été, jusqu'à ces dernières années, l'une des préoccupations essentielles des producteurs et industriels laitiers. La consommation de lait pur est en effet restreinte dans notre pays ; on lui préfère généralement celle de lait additionné de café ou de chocolat, et, dans l'un et l'autre cas, le lait est consommé chaud. D'autre part, la pratique très répandue de l'ébullition domestique — qui s'ajoute à une ou deux pasteurisations industrielles successives — modifie profondément les caractères organoleptiques que le lait possédait à l'origine et il n'y a rien d'étonnant à ce que la France reste un pays relativement faible consommateur de lait en nature, étant donné le caractère peu attractif d'un lait bouilli après deux pasteurisations.

Or, il serait souhaitable de développer en France la consommation du lait en nature. Les nutritionnistes, les économistes et ceux qui se préoccupent d'améliorer la « santé morale » des Français sont d'accord sur ce point. Toutefois, le développement de la consommation du lait en nature suppose que ce lait possède des caractéristiques qui lui confèrent la qualité d'un aliment « désiré »

(1) *An. Inst. nat. Rech. Agr.*, 1960, n° 1, 5.

par le consommateur. Il est certain qu'un grand progrès dans ce sens serait accompli si l'ébullition domestique n'était plus pratiquée que dans les cas limites [1] où elle présente un avantage particulier (alimentation des nourrissons) et si la pasteurisation du lait destiné aux grandes villes était effectuée dans des conditions normales, c'est-à-dire une seule fois (et non pas deux), à une température convenable.

Le problème de l'augmentation de la consommation du lait en France serait donc un problème d'ordre psychologique et technologique s'il n'était apparu au cours des dernières dizaines d'années certains défauts dans le goût et l'odeur du lait cependant récolté, traité et distribué dans de bonnes conditions. Diverses raisons ont été invoquées pour expliquer ce phénomène :

— l'amélioration de la qualité bactériologique du lait à la récolte et l'emploi des procédés modernes de traitement et de transport, permettent d'augmenter le délai séparant le moment de la production du lait de celui de sa consommation ;

— certaines modifications dans les méthodes d'alimentation du bétail concernant en particulier l'introduction de procédés de conservation des aliments (ensilage) ou les changements dans la nature des aliments le plus souvent utilisés (moins d'herbe et davantage de betteraves et de sous-produits de sucrerie, de distillerie ou de brasserie).

De très nombreuses publications se rapportent à l'étude des différents défauts de goût rencontrés dans le lait. Nous n'en retiendrons que quelques-unes dans cette introduction. HERRINGTON [2] expose l'état actuel de nos connaissances sur la rancidité du lait. BROWN et THURSTON [3], GREENBANK [4], KRUISHEER [5], LEA [6] et RIEL et SOMMER [7] résument les travaux des auteurs concernant la saveur oxydée. Le défaut de goût qui se développe dans le lait à la suite de l'exposition à la lumière est étudié par STULL [8] ; PATTON [9] expose les travaux concernant les goûts de cuit et de caramel et le brunissement du lait.

Les avis émis par les très nombreux auteurs qui se sont intéressés au problème des défauts de goût dans le lait, s'ils ne sont pas contradictoires, sont souvent différents.

L'utilisation des techniques modernes de séparation et d'identification de substances présentes en très petites quantités a cependant permis, ces dernières années, d'obtenir des résultats précis concernant les éléments responsables de l'apparition de certains défauts de goût ; l'utilisation de la technique de chromatographie en phase gazeuse paraît à cet égard, pleine de promesses.

Etant donné l'importance des travaux étrangers consacrés à l'examen organoleptique du lait et la nécessité d'employer un

vocabulaire aussi précis que possible dans un domaine particulièrement délicat, il a semblé nécessaire avant de passer à l'examen des observations que nous avons faites à Jouy-en-Josas au cours des dernières années, de donner un aperçu assez large des conclusions principales auxquelles ont abouti les chercheurs qui se sont préoccupés de ces questions.

PREMIÈRE PARTIE

TRAVAUX ANTÉRIEURS

A. — Apparition des défauts de goût dans le lait

L'apparition des défauts de goût dans le lait ne constitue pas un fait exceptionnel ; c'est au contraire, un phénomène fréquent. Dans la mesure où des observations portant sur un grand nombre d'échantillons de lait ont pu être rassemblées, on constate qu'un pourcentage élevé des laits examinés présente un défaut de goût.

Ainsi ROLAND, SORENSEN et WHITAKER [10] montrent que 21 p. 100 des échantillons de lait commercial examinés pendant l'hiver 1935-1936 présentaient une saveur oxydée. ROADHOUSE et HENDERSON [11] rapportent qu'au cours d'une période de cinq années (1930-1934), sur 349 échantillons de lait de mélange examinés, dont les deux tiers étaient des laits crus, 42,3 p. 100 présentaient un défaut de goût ou d'odeur.

B. — Conditions de l'examen organoleptique

Les examens organoleptiques dont les résultats ont été rassemblés par différents auteurs ont porté sur des échantillons de laits commerciaux [10] [12] [13] [14] [15], sur des échantillons de laits individuels provenant de divers animaux d'un troupeau expérimental [16] [17] [18] [19] [20] [21] [22] [23] [24] ou sur des échantillons de lait de mélange (lait produit par l'ensemble d'un troupeau [23] [25] [26]). Le lait examiné était cru ou pasteurisé. Il pouvait en outre, avoir été soumis à divers traitements favorisant l'apparition de certains défauts de goût : contact avec certains métaux surtout le cuivre [27] [28] [29] exposition aux radiations solaires [12] [13] [19] [29], agitation [30] [31], homogénéisation [30] [32], changements de température [33].

Malgré la diversité des échantillons de lait soumis à l'examen organoleptique, les conditions mêmes de cet examen sont très semblables d'une expérience à l'autre. Après prélèvement — et

éventuellement traitement par l'un des procédés exposés ci-dessus — les échantillons sont placés en chambre froide à 2° C et examinés après 24 heures [27], plus souvent 48 heures [15 b] et quelquefois trois jours [14] de conservation. Il arrive aussi qu'ils soient périodiquement examinés au cours d'un séjour plus prolongé à la glacière (4°5 C) [34].

Le lait est généralement réchauffé à 35° C au moment de l'examen organoleptique.

Le maintien des échantillons au froid permet de les examiner après un délai correspondant à celui qui sépare normalement la production du lait de sa consommation, sans qu'une altération microbienne banale (acidification) puisse se produire. On a observé que certains goûts non apparents dans le lait immédiatement après la traite deviennent apparents après un certain temps : il en est ainsi pour le goût de rance ; de même la saveur oxydée se développe ou s'accroît au cours du vieillissement à basse température [4]. Toutefois la saveur oxydée provoquée par l'exposition à la lumière solaire apparaît immédiatement [11].

C. — Nomenclature des défauts de goût

On retrouve les mêmes défauts de goût dans les laits individuels et dans les laits de mélange, qu'il s'agisse d'un développement spontané ou provoqué.

Lors de l'examen organoleptique du lait, les organes du goût et ceux de l'odorat sont également affectés. Les défauts peuvent donc provenir d'une saveur ou d'une odeur anormales du lait. De plus il arrive souvent dans le langage courant que le terme de goût soit utilisé pour définir une odeur (goût de pourri ou de moisi).

L'étude des laits individuels montre qu'il existe une graduation du goût et de l'arôme des laits « sans défaut » allant d'un lait fade ou plat à un lait excellent et parfumé.

Le défaut de goût le plus connu des éleveurs est certainement le goût qui provient de la nourriture du bétail : goût de choux, de navet, de pulpe, de foin fermenté et surtout d'ensilage ; ce dernier défaut est particulièrement accentué lorsqu'un ensilage de mauvaise qualité est distribué aux vaches laitières.

Nous citerons ensuite les défauts provoqués par une modification chimique des constituants du lait. Le plus simple à définir est le goût de rance qui rappelle le plus souvent l'odeur et le goût de l'acide butyrique et qui se caractérise parfois par une odeur de chèvre ou un goût de savon.

Les auteurs anglo-saxons groupent sous le terme général d'« oxydized flavor », que nous proposons de traduire — faute de

mieux — par « saveur oxydée », les défauts de goût suivants : gras-seux (*oily*), suiffeux (*tallowy*), goût de papier, de carton (*card-board*), goût métallique, goût de capsule en carton (*cappy*), de lumière solaire, de « soleil » (*sunlight* ou *sunshine* ou *solar activated flavor*), de brûlé (*burnt flavor*), etc. Or, il est certain que ces différents termes caractérisent chacun une saveur particulière au lait : l'oxydation de la matière grasse du lait peut provoquer l'apparition des goûts gras-seux ou suiffeux, mais pas forcément celle des goûts de papier ou de carton.

NELSON et TROUT [15] proposent de prendre comme « étalon », pour la saveur oxydée, le goût qui se développe dans le lait d'hiver additionné de 0,5 mg de sulfate de cuivre par litre, après un séjour de 48 heures à 2° C. Mais ce n'est malheureusement pas ainsi qu'ont procédé tous les auteurs qui ont étudié la saveur oxydée du lait.

Les divers traitements thermiques, auxquels peut être soumis le lait, provoquent l'apparition des goûts de cuit, de brûlé, ou de caramel qui proviennent également d'une modification chimique de certains constituants du lait.

D. — Raisons invoquées pour expliquer l'apparition des différents défauts de goût dans le lait

I. — GOUT PROVENANT DE LA NOURRITURE

Un tel goût existe dans le lait dès la traite, et particulièrement lorsque la nourriture est distribuée aux vaches laitières peu de temps avant la traite [15] ou pendant la traite [25]. ROADHOUSE et KOESTLER [35] estiment que l'influence de la nourriture est éliminée si l'on empêche toute distribution d'aliments pendant les cinq heures qui précèdent la traite. ROADHOUSE et HENDERSON [11] ont confirmé ce point et ont précisé que si l'on distribue de la luzerne en vert le goût de nourriture apparaît dans le lait une heure à deux heures après la consommation du fourrage, alors que du « jus » de luzerne distribué en breuvage, provoque l'apparition du défaut de goût 20 minutes après l'absorption, l'intensité du défaut étant maximum après 45 à 60 minutes. Ces auteurs estiment cependant que la transmission du goût du lait se fait par l'intermédiaire des systèmes digestif et circulatoire, conclusion à laquelle aboutit également KAGI [25] qui constate que, même distribué après la traite, l'ensilage provoque l'apparition d'un défaut de goût dans le lait de la traite suivante. Cet effet nocif est d'autant plus accentué que l'ensilage est de moins bonne qualité. Il est possible que l'ensilage de mauvaise qualité renferme des substances susceptibles de passer

dans le lait tandis que l'ensilage de bonne qualité ne contient pas ces substances. L'idée a été émise que l'absorption des odeurs pourrait se faire par les voies respiratoires de la vache [36 a].

Les sous-produits de l'industrie betteravière (pulpe, pulpe ensilée) plutôt que les betteraves elles-mêmes ont été souvent rendus responsables d'un défaut de goût général du lait dans les régions où ils sont abondamment distribués aux vaches laitières. Le remplacement des résidus de sucrerie par du foin redonne un lait normal [37].

II. — GOUT DE RANCE

Comme le propose HERRINGTON [2] nous appellerons goût de rance, le goût qui se développe dans le lait par suite d'une hydrolyse de la matière grasse donnant naissance à des mono- et di-glycérides [38], à des acides gras libres et éventuellement à de la glycérine libre, sous l'action de la lipase. Les défauts de goût provenant d'une oxydation de la matière grasse ne rentrent pas dans cette catégorie et seront étudiés dans le paragraphe suivant.

Les auteurs ont mis en évidence l'altération chimique de la matière grasse, corrélative de l'apparition du goût de rance, par diverses méthodes : mesure de l'acidité libre [39], mesure de la tension superficielle (celle-ci diminue en présence d'acides gras libres) [20] [40], distillation, séparation et identification par chromatographie [36 b] des acides gras libres et volatils.

Les différents goûts de « rance » signalés peuvent s'expliquer par la nature et les proportions variables des acides gras libérés. On observe que les goûts de rance sont fréquemment alliés à des goûts d'amertume [2] [41] [42] [43] et l'on pense généralement que les mono- ou di-glycérides sont à l'origine de ces goûts amers [2]. HLINKA et HOOD [44] montrent qu'une activité lipasique est à l'origine du développement du goût de rance dans le fromage de Cheddar fabriqué à partir du lait cru.

La lipase existerait dans tous les laits mais elle est généralement considérée comme inactive dans la mamelle [2]. Cependant un récent travail de THOMAS, HARPER et GOULD [22] semble contredire ce dernier point. Ces auteurs ont en effet montré qu'une certaine activité lipasique pouvait exister dans la mamelle puisque l'on trouve dans les premières portions de lait trait, une quantité d'acides libres supérieure à celle trouvée dans les portions suivantes. KELLY [45] a de plus, montré que le tissu de la glande mammaire contenait des enzymes capables d'hydrolyser les graisses neutres du sang et de recombinaison les acides gras libres lors de leur passage à travers le tissu cellulaire sécrétoire.

Quoiqu'il en soit, la lipase peut devenir active dans le lait : soit

spontanément sous l'effet d'un simple refroidissement, soit à la faveur de certaines conditions telles que : variations déterminées de température [33], agitation [31] ou homogénéisation [2] [32]. La vitesse de refroidissement peut intervenir : KRUKOWSKY et HERRINGTON [46] précisent que si le lait est refroidi en quelques secondes, la lipolyse est notablement réduite au cours de l'entreposage ultérieur.

Il est de plus intéressant de noter que le cycle de température qui produit l'activation de la lipase est le même que celui utilisé pour augmenter la consistance de la crème [2].

Le rôle joué par la membrane des globules gras au cours de l'activation de la lipase est certainement important. En ce qui concerne les laits dans lesquels le goût de rance se développe spontanément à la suite d'un simple refroidissement, TARASSUK et JACK [47] pensent qu'au cours d'un tel refroidissement, la lipase est irréversiblement adsorbée sur les globules gras et la lipolyse commence immédiatement après l'adsorption. HERRINGTON [32] estime que la lipolyse est simplement plus rapide à basse température, phénomène qui ne peut être expliqué par l'adsorption seule. THOMAS et al. [22] ont montré que les laits présentant la plus forte activité lipasique contenaient les plus petits globules gras ; cette observation concorde avec le fait que l'homogénéisation, qui favorise l'action de la lipase, réduit la taille moyenne des globules gras et multiplie leur nombre.

HERRINGTON [2] insiste sur l'importance du rôle de la mousse lors de l'activation de la lipase par l'agitation, ce que TARASSUK et FRANKEL [48] confirment.

Il est courant d'écrire que l'acidité inactive la lipase [2]. Une série de travaux appuie cette opinion.

ROHAN et SOMMER [49] mesurant l'activité lipasique de la crème saturée de sucre, trouvent un pH optima de 8,4-8,6. GOULD [50] définit une zone de pH optimum entre 8,0 et 9,0 lors de l'hydrolyse de la matière grasse homogénéisée dans le sérum obtenu après action de la présure sur du lait cru. MATTICK et KAY [51], utilisant comme substrat de la tributyrine trouvent un pH optimum de 8,2 à 8,7. Ceci est confirmé par PETERSON et al. [52] (pH optimum 8,5), mais ces auteurs trouvent en outre une activité lipasique faible entre les pH de 5,0 et 5,5. ALBRECHT et JAYNES [53] confirment l'existence d'une activité lipasique entre pH 5,0 et 6,6 et déterminent deux pH optimum 5,4 et 6,3.

Il semble donc admis que l'activité lipasique du lait n'est pas due à une substance unique. En fait HERRINGTON et KRUKOWSKI [42] supposent l'existence d'au moins deux enzymes, ce que confirment PETERSON et al. [52], ROHAN et SOMMER [49]. D'autre part, il a été

établi que la lipase du lait peut hydrolyser des graisses variées [50] et des esters d'acides gras [49] [52] [54] [55]. Les travaux récents de SCHWARTZ, GOULD et HARPER [56] confirment l'existence dans le lait d'un système lipasique multiple.

III. — SAVEUR OXYDÉE

a) *Nature*

D'après NELSON et TROUT [15] la saveur oxydée est caractérisée par une réaction rapide des organes du goût, la sensation étant perçue dès que le lait est porté à la bouche. Cette sensation métallique se transforme en même temps que se développe la saveur oxydée ; d'après ces auteurs la sensation s'identifierait ensuite au goût de papier, pour se rapprocher enfin du goût huileux ou suiffeux.

Au cours de travaux récents, les auteurs insistent cependant sur la distinction qu'il convient de faire entre l'apparition de la saveur oxydée dans le lait entier et dans le lait écrémé. Le goût métallique ou de papier qui se développe dans le lait écrémé additionné de cuivre serait différent de la saveur oxydée proprement dite, telle qu'elle apparaît dans le lait entier [57] [58]. Cependant les termes de goût « métallique » ou de « papier » ont bien été utilisés pour définir la saveur oxydée.

PONT [58] résume ainsi ce point : la saveur oxydée induite par le cuivre dans le lait entier est constituée par deux éléments de goût distincts ; l'un est un goût huileux et métallique dû à l'oxydation de la graisse, l'autre est un goût de « carton » provenant d'une réaction ou d'une série de réactions qui se produisent aussi bien dans le lait entier que dans le lait écrémé.

b) *Isolement de substances responsables de la saveur oxydée*

KEENEY et DOAN [59] trouvèrent en 1951 que les composés odorants prédominants dans la fraction volatile neutre obtenue à partir de la matière grasse de lait oxydée étaient des cétones : aucune méthylcétone mais une grande proportion de cétones insaturées.

HOLM, WODE et THOMÉ [60] et THOMÉ et MATTSSON [61] ont montré que les substances responsables du goût huileux du beurre étaient des produits provenant de l'oxydation et de la dégradation des acides gras insaturés ; en outre, l'apparition du défaut du goût est liée non seulement à la formation de peroxydes mais aussi à la dégradation de ces peroxydes en aldéhydes et cétones.

FORSS, PONT et STARK [62] [63], au cours de travaux récents, distillèrent du lait écrémé présentant une saveur oxydée. Ils iso-

lèrent et identifièrent par chromatographie des composés volatils dont les plus abondants furent les aldéhydes 2 octenal, 2 nonenal, 2-4 heptadienal et 2-4 nonadienal. Ces composés ajoutés au lait écrémé aux dilutions 10^{-7} à 10^{-9} lui communiquent un goût très semblable aux goût de « carton ».

c) *Origine de la saveur oxydée*

De très nombreuses hypothèses ont été formulées pour expliquer l'origine de la saveur oxydée du lait. Même lorsque ces hypothèses ont été émises à la suite d'expériences parfaitement conduites, il est possible qu'une trop rapide généralisation, à partir des résultats obtenus au cours de l'étude d'un seul aspect du problème, conduise à une interprétation erronée.

Nous indiquerons sommairement les principales hypothèses sans pouvoir présenter la totalité des travaux qui les appuient.

1. *Influence du taux butyreux.* — Une étude [10] poursuivie pendant l'hiver 1935-1936 sur 139 échantillons de lait pasteurisé provenant de 19 localités, a montré que le taux butyreux des laits, dans lesquels se développait la saveur oxydée était généralement plus élevé que celui des laits ne présentant pas ce défaut.

2. *Influence de la nature de la matière grasse.* — KENDE [64] et DAHLE et PALMER [65] ont observé que l'indice d'iode de la matière grasse des échantillons de lait dans lesquels se développe spontanément la saveur oxydée est plus bas que l'indice d'iode des échantillons de contrôle. Ces auteurs pensent que le développement de cette saveur serait parallèle à une oxydation de la matière grasse elle-même.

Cette observation n'a cependant pas été confirmée. BROWN, DUSTMAN et THURSTON [66] ne trouvent pas de changements appréciables de l'indice d'iode de la matière grasse d'échantillons de lait qui présentent une saveur oxydée plus ou moins prononcée. Le travail de HENDERSON et ROADHOUSE [67] montre que ce défaut se développe dans le lait additionné de cuivre alors qu'une fraction seulement de la période d'induction de la matière grasse s'est écoulée. Or HOLM et GREENBANK [68] ont montré que l'indice d'iode de la matière grasse ne décroissait pas avant la fin de la période d'induction celle-ci étant marquée par une absorption d'oxygène qui augmente rapidement et par une décoloration de la matière grasse [34].

D'après STEBNITZ et SOMMER [24], la stabilité de la matière grasse du beurre, vis-à-vis de l'oxydation serait en raison inverse de son degré d'insaturation.

3. *Rôle des phospholipides.* — HORRALL [69] constate que plus le taux butyreux du lait est élevé, plus riche est le contenu en lécithine. Il trouve aussi que le lait écrémé contient environ la moitié du contenu en lécithine du lait entier et peut présenter une saveur oxydée nette.

THURSTON, BROWN et DUSTMAN [70] ont de leur côté, montré que l'intensité de cette saveur dans la crème, le lait écrémé, le babeurre et le beurre obtenus à partir de lait à saveur oxydée, était en relation directe avec le contenu en phospholipides.

BROWN, DUSTMAN et THURSTON [66] ont établi que, même si les doubles liaisons de l'acide oléique rentrant dans la constitution de l'oléostéaroléicithine du lait étaient complètement oxydées, cela ne serait pas décelable par la simple mesure de l'indice d'iode de la matière grasse ; SWANSON et SOMMER [71] ont montré que le développement de la saveur oxydée s'accompagnait d'une nette diminution de l'indice d'iode de la fraction phospholipidique ; l'oxydation de cette fraction restant d'ailleurs incomplète. De même HIETARANTA [72] attribue le goût huileux à l'oxydation des acides insaturés libérés lors de l'hydrolyse de la lécithine.

Récemment RIEL et SOMMER [73] ont confirmé le rôle des phospholipides dans le développement de la saveur oxydée. Ces auteurs ont montré qu'au cours de l'oxydation limitée des phospholipides du lait se formaient des composés susceptibles de reproduire la saveur oxydée par addition dans le lait. Cependant BECK, WHITNAH et MARTIN [74], n'ont pas trouvé de relation entre le développement de la saveur oxydée et le contenu en lécithine du lait cru, non plus que Gould, Fox et TROUT [75].

Récemment également, PONT [58] a établi que le goût de « carton » se développe de la même façon dans le babeurre et dans le lait écrémé même lorsque celui-ci ne contient plus de phospholipides.

4. *Rôle de divers traitements subis par le lait.* — THURSTON, BROWN et DUSTMAN [30] ont montré que l'homogénéisation, l'agitation à basse température, le refroidissement du lait suivi d'un réchauffement, qui sont tous des facteurs d'activation de la lipase du lait réduisent au contraire l'apparition de la saveur oxydée. GUTHRIE [76] a également constaté que l'homogénéisation empêche le développement de la saveur oxydée dans le lait commercial.

5. *Rôle de substances diverses.* — L'hypothèse a été émise suivant laquelle le lait résistant à l'oxydation pouvait contenir des substances réductrices [64] ou protectrices [24].

Le rôle possible de l'acide ascorbique, du carotène et du tocophérol a été étudié.

— *Rôle de l'acide ascorbique*: BROWN, THURSTON et DUSTMAN [77] ont constaté que l'addition d'acide ascorbique pur, de jus de tomate ou de jus de citron, dans la ration des vaches laitières, réduisait considérablement le développement de la saveur oxydée dans le lait. Ces auteurs attribuent ce résultat à l'influence de la vitamine C. BROWN, VANLANDINGHAM et WEAKLEY [78] confirment cette opinion.

D'autre part, SHARP, TROUT et GUTHRIE [79] trouvent une nette relation entre le taux de disparition de la vitamine C pendant l'entreposage du lait pasteurisé à 143° F (62° C) pendant 30 minutes, et le développement de la saveur oxydée. BECK, WITHNAH et MARTIN [80] ne confirment pas ce point de vue en ce qui concerne le lait cru.

Il semble bien acquis, cependant qu'une destruction partielle de l'acide ascorbique du lait stimule le développement de la saveur oxydée [14] et qu'une destruction complète et rapide de l'acide ascorbique inhibe au contraire le développement de cette même saveur oxydée ou encore du goût suiffeux du lait [82] [83]. OLSON et BROWN [84] pensent que l'oxydation de l'acide ascorbique entraîne celle des phospholipides et permet ainsi la libération des composés responsables de la saveur oxydée.

L'addition d'acide ascorbique au lait reste cependant, d'après CHILSON et al. [83], la seule méthode d'intérêt pratique qui puisse être utilisée pour lutter contre la saveur oxydée du lait commercial.

— *Rôle du carotène*: BROWN et al. [78] constatent que l'addition de carotène dans la ration des vaches laitières diminue le développement de la saveur oxydée du lait.

Travaillant sur des laits individuels, BECK et al. [80] trouvent que la matière grasse des laits présentant la saveur oxydée est moins colorée que celle des laits sans défaut. Ces auteurs suppriment le développement de la saveur oxydée dans le lait cru en incorporant à la ration journalière d'une vache laitière 206 mg de carotène. De même ANDERSON [85] trouve qu'en ajoutant 5 livres de carottes à la ration journalière d'une vache produisant un lait d'hiver à la saveur oxydée, ce défaut est supprimé.

Ceci nous permet d'introduire la remarque suivante : DAHLE et PALMER [65] avaient constaté une diminution de l'indice d'iode de la matière grasse des laits présentant une saveur oxydée. Indépendamment du fait que la matière grasse avait probablement atteint la fin de la période d'induction avant le moment où l'on avait déterminé l'indice d'iode, les auteurs de ce travail ont signalé que la matière grasse obtenue à partir des laits étudiés était particulièrement peu colorée. NELSON et DAHLE [34] pensent donc que l'exis-

tence d'une matière grasse très peu colorée peut être associée à une plus grande sensibilité vis-à-vis de l'oxydation.

Cependant STEBNITZ et SOMMER [24] travaillant sur des laits individuels, affirment qu'il n'y a pas de relation entre le contenu en carotène, tel qu'il est mis en évidence par la couleur de la matière grasse, et la stabilité du lait vis-à-vis de l'oxydation.

— *Rôle du tocophérol*: KRUKOWSKY [86] attribue à la présence de tocophérol, la résistance plus grande des laits d'été au développement de la saveur oxydée. Cet auteur établit que l'incorporation dans la ration de la vache laitière de 1 à 2 g par jour d'un mélange de tocophérol augmente le contenu en tocophérol de la matière grasse du lait d'hiver en même temps que la résistance du lait à l'oxydation.

Cependant HVIDSTENH, MEHLUM et SIMONSEN [18] n'ont pas pu établir de relation nette entre le contenu en tocophérol du lait et la résistance à l'oxydation.

6. *Potentiel d'oxydo-réduction*. — De même, il ne semble pas qu'une relation nette puisse être établie entre le potentiel d'oxydo-réduction du lait et le développement de la saveur oxydée. WEBB et HILEMAN [87] ont montré que l'addition de cuivre au lait augmente le potentiel d'oxydo-réduction en même temps que se développe la saveur oxydée. Cependant la saveur oxydée ne se développe pas dans les laits d'été, alors que leur potentiel d'oxydo-réduction est élevé. Ces auteurs constatent de plus que la saveur oxydée se développe dans des laits individuels dont le potentiel d'oxydo-réduction est bas.

7. *Rôle des micro-organismes*. — Il est reconnu que la saveur oxydée est plus fréquente dans le lait à faible teneur en bactéries (RIEL et SOMMER [7]). Cela serait dû à une plus faible concentration en oxygène, à un abaissement du potentiel d'oxydo-réduction, fait déjà signalé par GREENBANK [4]. Cependant WEBB et HILEMAN [87] ne pensent pas que la plus grande résistance des laits d'été au développement de la saveur oxydée soit en rapport avec la teneur élevée en germes microbiens.

IV. — DÉFAUT DU GOUT DU LAIT PROVOQUÉ PAR L'EXPOSITION A LA LUMIÈRE

Nous avons vu que ce goût particulier n'est le plus souvent considéré que comme un aspect de la saveur oxydée prise dans un sens très large.

DAVIES [88], TRACY et RUEHE [89] distinguent cependant deux goûts dans le lait exposé à l'action de l'énergie lumineuse. Le pre-

mier est la saveur oxydée et suiffeuse bien connue et sur laquelle nous venons de nous étendre plus haut, le second est décrit comme goût « activé » (solar-activated flavor) ou encore désigné comme « sunlight flavor », expression dont l'équivalent français reste à trouver. STULL [8] a présenté, en 1953, une revue des publications parues sur la question du défaut de goût provoquée par l'exposition du lait à la lumière.

Il est bien connu que cette exposition à la lumière détruit la vitamine C [90] ce qui peut en partie, expliquer l'apparition de la saveur oxydée. Cependant, WEINSTEIN et TROUT [91] ont montré qu'en période de pâturage, dans un tiers des laits individuels, pasteurisés, homogénéisés et exposés au soleil pendant 30 ou 60 minutes, le goût caractéristique ne se développait pas, alors que pendant la période de nourriture sèche, tous les échantillons se montraient sensibles à ce traitement.

Le développement du goût résiste à l'addition d'acide ascorbique ou de tocophérol ou à un traitement par la chaleur (80°C pendant 5 minutes) mais est inhibé, soit par l'addition d'eau oxygénée, soit au contraire par celle d'un antioxygène (acide nordihydroguaiarétique) [92] [93].

L'homogénéisation retarde également le développement de ce goût particulier d'oxydé [94].

WEINSTEIN et TROUT [95] ont isolé des protéines du lactosérum une fraction sensible à la lumière, dans laquelle on peut retrouver le goût typique du lait homogénéisé exposé à la lumière.

HERREID et al. [96] ont observé qu'une exposition prolongée à la lumière entraîne une diminution de l'intensité du goût « activé » ; celui-ci peut même totalement disparaître. Ceci serait dû à une oxydation du ou des composés responsables de ce goût particulier.

En 1954, PATTON [98] a mis en évidence le rôle joué par la riboflavine dans le développement du défaut de goût provoqué par l'exposition du lait à la lumière.

V. — GOUT DE CUIT, DE BRULÉ, DE CARAMEL

Ce goût est particulier au lait pasteurisé ou chauffé. Il est admis que la pasteurisation basse altère très faiblement le goût du lait et même en général augmente la qualité organoleptique de la plupart des laits crus.

Après un chauffage momentané vers 74° C ou un chauffage prolongé pendant une heure à 61° C [103], un goût de cuit distinct commence à se développer.

Ce goût provient des composés sulfhydrilés [97] [99] [100] [103] libérés par la dénaturation de la β -lactoglobuline par la chaleur [97].

On a montré que les groupes SH disparaissent lentement quand le lait est maintenu pendant des périodes prolongées à haute température et que le goût de cuit dans le lait semble alors donner place au goût de caramel [101] [102] en même temps que se produit le brunissement du lait.

Le lactose et la caséine jouent un rôle essentiel dans le brunissement du lait [9] et un certain nombre de modifications chimiques sont associées au brunissement du lait en même temps qu'au développement du goût de caramel. On a observé la formation de composés variés [9] : alcool furfurique, 5-hydroxyméthylfurfural, maltol, acétol, méthylglyoxal, acides butyrique, propionique, acétique, formique, lactique et pyruvique, gaz carbonique, hydrogène sulfuré, substances réductrices, substances fluorescentes.

Nous remarquerons cependant que certains de ces composés ont été détectés après application de traitement par la chaleur qui dépassent les traitements auxquels est normalement soumis le lait commercial.

Une certaine concurrence entre le développement du goût de cuit et celui de la saveur oxydée a été notée par NELSON et DAHLE [34] : le goût de cuit apparu dans des laits chauffés à 80° C disparaissait lors de l'entreposage au froid (4°5 C) faisant progressivement place à la saveur oxydée. Ces auteurs pensent que les substances réductrices formées au cours du chauffage préviennent le développement de la saveur oxydée ; mais après un long séjour au froid (deux à trois semaines) ces substances sont oxydées et la matière grasse qui s'oxyde à son tour entraîne l'apparition de la saveur oxydée. On sait d'autre part qu'une température suffisamment élevée pour provoquer l'apparition du goût de cuit dans le lait, inhibe largement le développement de la saveur oxydée [104].

Enfin, WEISSTEIN et TROUT [92] ont constaté que le goût de cuit produit par un traitement thermique disparaissait à la suite d'une exposition à la lumière.

E. — Influences exercées par divers facteurs sur l'apparition des défauts de goût dans le lait

I. — INFLUENCE DE LA SAISON

La meilleure qualité organoleptique des laits d'été par rapport aux laits d'hiver est un fait relevé par tous les auteurs. Il serait d'ailleurs plus exact d'écrire que le lait produit par les vaches en pâture est meilleur que le lait produit par les vaches en période de stabulation. L'atmosphère souvent confinée de l'étable, la distri-

bution d'une nourriture dans laquelle n'entre pas d'herbe fraîche, peuvent partiellement expliquer cette constatation.

Les défauts de goût, précédemment décrits s'observent le plus souvent pendant la période de stabulation.

a) *Goût de rance*

NELSON et TROUT [15] estiment que ce défaut n'apparaît que dans le lait cru, et ne le relèvent généralement que d'octobre à fin mars.

b) *Saveur oxydée*

MATTICK [105] fut un des premiers à établir l'existence d'une variation saisonnière dans l'apparition de la saveur oxydée. Il indique que cette saveur oxydée du lait peut apparaître pendant l'automne, l'hiver et le printemps, mais non pendant l'été. Après lui, un grand nombre d'auteurs ont confirmé ce point.

NELSON et TROUT [15] notent l'apparition de ce défaut de novembre à mai et précisent qu'il est particulièrement accentué à la fin de l'hiver (février et mars). Ces auteurs spécifient qu'il s'agit d'un défaut strictement hivernal correspondant à une période d'alimentation sèche.

BECK, WHITNAH et MARTIN [74] insistent sur le fait que cette saveur oxydée apparaît en hiver même lorsque le lait est produit dans les meilleures conditions sanitaires et lorsque toute disposition est prise pour éviter toute contamination métallique et toute exposition à la lumière.

AULE et STORGÅRDS [12] montrent que la facilité avec laquelle la saveur oxydée se développe dans le lait sous l'effet d'une exposition à la lumière est nettement plus grande pendant le premier semestre de l'année que pendant le second, mais qu'elle s'élève cependant en novembre et décembre.

En Australie, PONT [106] relève que le développement de la saveur oxydée dans le lait exposé à la lumière est peu prononcé en décembre (début de l'été austral) mais que par contre, le développement de la saveur oxydée due à l'addition de 2 parties par million de cuivre dans le lait est très accentué pendant les mois de novembre, décembre et janvier, c'est-à-dire pendant les mois d'été. Nous remarquons qu'en Australie, comme en Nouvelle-Zélande, l'indice d'iode est alors minimum.

Nous avons étudié plus haut la relation qui existe entre l'apparition de la saveur oxydée dans le lait et le contenu en acide ascorbique du lait. TROUT et JESSIG [14] ont montré que le lait produit en hiver contenait moins d'acide ascorbique que le lait produit

pendant le reste de l'année ; le lait produit en été étant le plus riche en acide ascorbique. De semblables variations saisonnières existent pour le contenu en carotène [107] [108] [109] ou en tocophérol [16] du lait, substances auxquelles certains auteurs ont attribué un rôle protecteur vis-à-vis du développement de la saveur oxydée. La diminution de ces substances dans les laits d'hiver serait donc susceptible de favoriser l'apparition de la saveur oxydée.

c) *Goût provenant de la nourriture*

L'apparition de ce défaut est fonction de la nature de l'alimentation distribuée aux vaches laitières. NELSON et TROUT [15] relèvent le goût d'ensilage vers la fin de l'hiver et pensent qu'à une mauvaise ventilation de l'étable s'ajoute à cette époque l'odeur forte que dégage l'ensilage.

2. — INFLUENCE DE LA PASTEURISATION

NELSON et TROUT [15] notent que la saveur oxydée apparaît principalement dans les échantillons de lait pasteurisés. C'est également l'avis de ROADHOUSE et HENDERSON [11] qui précisent que cette saveur et le goût de cuit sont les principaux défauts relevés sur les échantillons de lait pasteurisé.

3. — INFLUENCE DE LA RACE

a) *Goût de rance*

BECK, WHITNAH et MARTIN [74] remarquent que le lait produit par un groupe de vaches Jerseyaise et Guerneseyaise devient plus fréquemment rance que le lait produit par des vaches Frisonne ou Ayrshire.

Par contre, WEINSTEIN et TROUT [17] constatent que le lait provenant de vaches des races Brune des Alpes (Brown, Swiss), Frisonne, Guerneseyaise et Jerseyaise devient également rance après l'homogénéisation.

b) *Saveur oxydée*

GUTHRIE et BRUECKNER [110] ne trouvent pas de relation entre l'apparition de ce défaut et la race des vaches laitières, non plus que DAHLE et PALMER [65]. Par contre, STEIBNITZ et SOMMER [24] affirment que la matière grasse du lait de vaches Frisonne est plus susceptible à l'oxydation que celle du lait de vaches appartenant à d'autres races, en période d'alimentation hivernale. Ainsi la matière

grasse des vaches Guerneseyaises possède, en particulier, une grande stabilité.

BECK, WHITNAH et MARTIN [74] confirment l'opinion émise par STEIBNITZ et SOMMER et trouvent que la saveur oxydée apparaît dans 15,8 et 19,4 p. 100 des échantillons de lait provenant de vaches de race Frisonne et Ayrshire alors qu'il apparaît dans seulement 6,1 et 7,8 p. 100 des échantillons de lait provenant de vaches de race Jerseyaise et Guerneseyaise. Ces auteurs constatent de plus que la coloration moyenne des laits présentant une saveur oxydée est plus faible que celle des laits ne présentant pas ce défaut. L'attribution d'un supplément de carotène aux vaches laitières élimine l'apparition de la saveur oxydée et intensifie la coloration du lait.

KRUKOWSKY et coll. [111] ont signalé la relation existant entre le taux de tocophérol dans le lait et l'apparition de la saveur oxydée et ont montré que ce taux est plus bas dans le lait des vaches de race Frisonne que dans celui des vaches de race Guerneseyaise.

4. — INFLUENCE DU STADE DE LACTATION

STEIBNITZ et SOMMER [24] ne pensent pas qu'il soit possible de relier les variations de stabilité de la matière grasse du lait au stade de lactation. C'est aussi ce que montrent HERRINGTON et KRUKOWSKY [112] qui ne trouvent aucune corrélation entre la lipolyse spontanée ou provoquée et le stade de lactation. ROHAN et SOMMER [49] précisent que, dans quelques-uns des cas étudiés, on trouve une activité lipolytique croissante vers la fin de la lactation, mais que, pris dans leur ensemble, les résultats ne permettent pas une conclusion définitive.

MATTICK et KAY [51] constatent que si le taux de lipase (tributyrase) du lait est élevé pendant les premiers jours de la lactation il n'augmente pas en fin de lactation.

Toutefois les observations des éleveurs et certains résultats rapportés par les auteurs [43] concordent pour affirmer qu'en fin de lactation le lait présente très souvent un goût de rance. D'autres auteurs ont précisé que l'activité lipasique est alors plus grande [113] [114] [115].

RASMUSSEN et coll. [116] ont signalé que le contenu en acide ascorbique du lait, relativement élevé au début de la lactation, diminue jusqu'à un minimum qui est atteint après deux mois, et s'élève à nouveau pendant le dernier stade de la lactation. Le lait serait donc plus sensible au développement de la saveur oxydée précisément après les deux premiers mois de la lactation. CORBETT et TRACY [117] ont, d'autre part, montré que la saveur oxydée se

rencontre plus fréquemment dans le lait produit pendant les premiers mois de la lactation.

Cependant BRUECKNER et GUTHRIE [118] n'ont pas trouvé de corrélation entre le stade de lactation et la saveur oxydée du lait. KING et DUNKLEY [119] montrent que d'une façon générale la quantité de cuivre que contient naturellement le lait est élevée au début de la lactation et diminue rapidement au cours des deux premiers mois jusqu'à une valeur qui restera sensiblement uniforme durant le reste de la lactation. Cependant ces auteurs ne trouvent pas de corrélation entre le taux élevé de cuivre dans le lait de début de lactation et la sensibilité plus ou moins grande du lait au développement de la saveur oxydée.

5. — INFLUENCE DE L'ÉTAT DE SANTÉ DE LA VACHE LAITIÈRE

PROKS et GROH [41] ont signalé que l'état anormal des organes génitaux des vaches laitières pouvait entraîner la production d'un lait présentant un goût défectueux.

Ces auteurs ont montré que le défaut de goût « huileux-rance » peut apparaître avec une intensité variable d'un quartier à l'autre de la mamelle.

(A suivre).

SUMMARY

This first part, devoted to previous works, finds the authors commenting one after the other : Apparition of taste defects in milk — Conditions of organoleptic examination — Nomenclature of taste defects — The reasons advanced to explain the apparition of taste differences in milk — Influences produced by various agents on the appearance of the defects studied.

TEST POUR LA RECHERCHE DES ANTIBIOTIQUES DANS LE LAIT (1)

(Essai sur disque à phase inversée)

par

F. V. KOSIKOWSKI et R. A. LEDFORD

Le besoin d'un test simple d'usage courant pour déceler la pénicilline et les autres antibiotiques dans le lait n'exige pas une grande explication. Ses avantages sautent aux yeux.

(1) *Journal of the American Veterinary Association*, 1960, **136**, n° 7, 297. — Le Dr Kosikowski est Professeur de Science laitière à l'Université Cornell, Ithaca (N. Y.). — M. Ledford enseigne la Science laitière dans le même établissement.