

consommation, ils peuvent être fabriqués en grande série et que l'industrie peut, par conséquent, les livrer aux conditions les meilleures; mais, en dehors des pots, nous voyons pour l'aluminium les emplois les plus larges en laiterie. Mesures, seaux, bacs, récipients pour maturation de la crème, etc., peuvent être faits en aluminium.

Le développement qu'a acquis son emploi dans les industries de fermentation et spécialement dans la brasserie, a amené à construire des laminoirs spéciaux pour le travail de ce métal et l'on trouve aujourd'hui des feuilles laminées dont les dimensions et les épaisseurs permettent, en ce qui concerne les bacs, de faire exécuter toutes les tailles voulues; la grande dimension des tôles que l'on peut obtenir et la facilité de l'emboutissage permettront de réduire au minimum le nombre des soudures qui seront nécessaires pour l'établissement de ces bacs, soudures qui sont toujours coûteuses en raison du fait qu'il faut les lisser avec le plus grand soin.

Nous n'avons d'ailleurs pas épuisé la question et nous pensons y revenir lorsque l'on aura industrialisé l'emploi des recouvrements de l'aluminium, en particulier par les bakélites et les laques de Chine qui semblent susceptibles de faire complètement corps avec les produits emboutis, au point de se plier avec eux lorsque ceux-ci reçoivent des chocs.

Mais en nous en tenant simplement pour le moment à ceux des articles pour lesquels l'emploi ne soulève aucune discussion, nous pensons avoir pour notre métal national une ère d'emplois nouveaux dont la laiterie pourra profiter dans la plus large mesure.

---

## REVUE GÉNÉRALE.

---

### LA FERMENTATION LACTIQUE,

par E. KAYSER (Suite).

---

**Influence de la température.** — Il se manifeste ici une certaine spécificité, déterminée par la matière première qui subit la fermentation lactique.

Il existe une température minima, optima et maxima variable avec l'espèce; ces températures sont comprises entre 10° à 50°; certaines variétés du *Str. cremoris* poussent encore à 3°.

Les températures minima et maxima dépendent beaucoup de l'état de vigueur des ferments lactiques.

Dans notre première classification, on peut considérer comme température optima du premier groupe celle de 32°-38° ; celle du 2<sup>e</sup> groupe 40° à 50° ; mais le premier groupe montre déjà son action vers 12 à 15° ; il est influencé défavorablement à partir de 38°, tandis que le 3<sup>e</sup> groupe n'acidifie plus à 12-15°, mais supporte 45 à 50°.

Pour une espèce lactique déterminée, le maximum d'acidité formée dépend bien plus de la richesse alimentaire et surtout de l'espèce que de la température, car l'acidification se fait, selon cette dernière, plus ou moins vite.

En effet, l'acidification à haute température, même à température optima, ne va pas si loin que si la température est basse ; l'acidité produite agit plus énergiquement à température élevée sur la bactérie qu'à basse température.

La température optima de croissance est également souvent supérieure à celle nécessitée par le maximum d'acidité, ou encore à celle qui convient pour la meilleure utilisation des diastases protéolytiques.

**Influence de l'air.** - On peut diviser les ferments lactiques à cet égard en oligoaérophiles, aérophiles et indifférents.

KAYSER a déjà démontré que certains ferments lactiques sont très sensibles à l'air et qu'ils produisent beaucoup d'acide acétique ; voici quelques chiffres obtenus, se rapportant à un litre de bouillon nutritif :

|                            | Acidité fixe. | Acidité acétique. |
|----------------------------|---------------|-------------------|
| Culture en surface.....    | 7 gr.,40      | 6 gr.,73          |
| Culture en profondeur..... | 23 gr.,40     | 1 gr.,12          |

BARTHEL et JENSEN ont constaté qu'avec le temps la proportion d'acidité volatile formée par une espèce lactique avait diminué de 39 0/0 du sucre à 13 0/0.

Certaines espèces donnent plus d'acidité acétique que d'autres et EVANS s'est servi de ce caractère pour sa classification.

**Nature de l'acidité** - L'acidité formée se répartit entre l'acide lactique, les acides volatils, acétique, formique, carbonique ou propionique, puis quelquefois de l'acide succinique.

On peut admettre deux classes de ferments lactiques à cet égard :

1° Ferments lactiques vrais produisant exclusivement de l'acide lactique sans acide carbonique, avec un peu d'acide acétique et plus rarement de l'acide succinique.

2° Ceux qui produisent d'autres composés en plus grande proportion, acide acétique, acide formique, acide propionique, acides succinique et carbonique, produits étherés.

Il semble exister un certain rapport entre la production des acides volatils gras et celle de l'acide carbonique.

Tous les microbes producteurs de  $\text{CO}_2$  fournissent à côté de l'acide lactique une certaine quantité des acides précités, en même temps que de l'alcool, de la glycérine, dans certains cas de la mannite, de l'aldéhyde, et JENSEN considère ces produits secondaires comme un signe de vitalité, sauf l'acide acétique qui se forme dans des conditions de culture défavorable (présence d'air, température trop élevée etc).

L'acide lactique formé est inactif, gauche ou droit; il peut se présenter des cas où l'on a de l'acide inactif à côté de l'acide actif.

Les ferments qui forment de l'acide inactif dans le lait conservent cette propriété dans les bouillons artificiels, c'est le cas des vrais ferments lactiques; lorsqu'un ferment donne une certaine proportion d'acide actif dans le lait, il se comportera de la même façon dans les milieux artificiels nutritifs, que la source hydrocarbonée soit constituée par des cétoles, hexoses, aldoses, pentoses ou des polysaccharides.

JENSEN admet un enzyme spécial pour chacun des deux acides actifs; dans des conditions favorables, le microbe produit l'acide qu'il peut former le plus facilement.

Il peut arriver que des espèces qui forment beaucoup d'acide lactique droit, avec une quantité plus ou moins forte d'acide gauche (certains streptocoques *casei*) ne produisent plus, après un certain temps, que de l'acide droit sans que la quantité totale d'acidité soit diminuée; il peut également arriver que certaines bactéries n'en produisent plus du tout.

D'après les recherches de PÉRÉ, le pouvoir rotatoire semble varier avec la nature de la matière azotée et surtout avec l'espèce lactique, beaucoup plus qu'avec la nature stéréochimique du sucre.

Les ferments lactiques donnent, en général entre 0,4 à 0,9 % d'acidité selon la race, la tribu d'une même espèce, la génération ou l'origine; l'acidité maxima n'est pas maxima dès que la coagulation a lieu; elle augmente encore, comme le montre une expérience de WEIGMANN :

*Quantité d'acide lactique.*

|                | Après coagulation. | 2 heures plus tard. |
|----------------|--------------------|---------------------|
| Ferment 5..... | 0 gr.,675          | 0 gr.,728           |
| — 7.....       | 0 gr.,523          | 0 gr.,705           |

Cette augmentation se fait plus ou moins vite selon la température de l'expérience.

Certains ferments bulgares dépassent nettement le taux moyen de 0,45 % et peuvent donner jusqu'à 2 gr. à 2,5 % d'acidité lactique ; la composition du milieu a ici de l'importance. Ainsi on sait que la quantité d'acide nécessaire pour coaguler le lait dépend de la richesse en caséine, en phosphates, qui peuvent intervenir dans la neutralisation partielle de l'acidité.

Quand on repique les espèces lactiques, on constate que l'acidité diminue en général jusqu'à devenir constante, elle se maintient ensuite sensiblement à ce taux, si l'on opère dans les mêmes conditions.

La quantité d'alcool et de glycérine diminue avec la proportion de mannite formée.

**Phénomènes de réduction.** — Un caractère différentiel qui est souvent employé avec les streptocoques est celui qui est basé sur le pouvoir de réduction des matières colorantes.

On a trouvé que si on ensemence faiblement et si l'on opère à basse température, le pouvoir réducteur est sensiblement proportionnel au temps nécessaire pour décolorer.

On opère en général avec le lait additionné de tournesol ; les espèces qui poussent lentement dans le lait le décolorent également lentement, lorsqu'il a été additionné de tournesol ; certaines espèces n'arrivent pas à le décolorer.

Il se présente des cas, avec certaines espèces, où la décoloration a lieu avant la coagulation du lait ; il existe également des bactéries qui font l'inverse.

SHERMANN a essayé d'identifier les ferments lactiques à l'aide de leurs propriétés réductrices dans le lait additionné de bleu de méthylène, de rouge neutre, de carmin d'indigo ; ce savant a opéré à diverses températures et il notait le temps au bout duquel la réduction avait lieu, le moment où se manifestait la coagulation, et il a trouvé que pour les ferments lactiques vrais cette réduction avait lieu, en général, dans les 24 heures.

JENSEN a observé que les ferments lactiques qui jouissaient de la propriété de réduire les tellurates, les sélénites, de former de l'hydrogène sulfuré avec du soufre, décoloraient le bleu de méthylène, réduisaient le lévulose à l'état de mannite.

Toutefois cette propriété ne peut être considérée comme caractère spécifique, car le pouvoir réducteur dépend essentiellement du degré de vitalité du ferment lactique.

**Sécrétions.** — BERTRAND et WEISWEILER ainsi que DUCHACEK ont signalé que le lactose était préalablement hydrolysé en glucose et en

galactose par le *Bact. bulgaricum* : il y a donc sécrétion de lactase ; celle de sucrase a été également signalée chez beaucoup d'espèces lactiques ; par contre STEENBERGE n'a pu trouver de maltase en employant la méthode auxanographique de BEIJERINCK.

GORINI nous a fait connaître des ferments lactiques qui dissolvent le coagulum formé en maintenant une réaction acide ; ce sont des ferments qui attaquent à la fois le sucre et la caséine : il y en a qui peptonisent très rapidement, d'autres plus lentement ; ils agissent sur la caséine, surtout à basse température en milieu acide.

D'après WEIGMANN, ce sont les ferments lactiques du fromage qui, seuls, sont aptes à sécréter la caséase, tandis que le *Bact. Lactis acidi* ne paraît pas jouir de cette propriété.

A ce sujet, BARTHEL nous a appris que les streptocoques ont la faculté de décomposer la caséine entre 14° à 20°, ce qui nous fait comprendre qu'ils peuvent jouer un rôle dans l'affinage des fromages, tandis que les streptobacilles étudiés par ce savant n'attaquaient la caséine qu'à 36°.

La quantité d'azote ainsi solubilisée varie entre 0 à 23 % pour les lactocoques ; ce pouvoir protéolytique se conserve sans grande variation dans le lait additionné de carbonate de chaux.

L'addition d'un ferment lactique à la présure augmente considérablement le pouvoir protéolytique de la présure en produisant une plus forte quantité d'acides aminés.

Au lieu de faire intervenir dans cette solubilisation la forme, GORINI l'attribue plutôt aux propriétés de la race ou de la variété d'une même espèce.

JENSEN a constaté que certaines espèces lactiques pouvaient sécréter une matière agglutinante dont les effets se manifestaient même avec la culture morte.

BEIJERINCK et JENSEN ont montré que les vrais ferments lactiques ne sécrétaient pas de catalase ; ainsi dans l'étude des ferments lactiques cette réaction permet de constater la décomposition de l'eau oxygénée et sert ainsi de caractère différentiel.

Certains ferments lactiques qui décomposent l'eau oxygénée réduisent également les nitrates en nitrites ; il suffit d'ensemencer l'espèce dans un milieu glucosé additionné de 2 % de nitrate de potasse, et d'essayer son action sur un mélange d'empois zinc-iodé en présence d'acide sulfurique ; en cas de réduction, il se produit une coloration bleue.

**Température mortelle. — Vitalité.** — La température mortelle des ferments lactiques varie un peu avec l'espèce considérée ; elle est comprise entre 60 à 75° pour un quart d'heure de chauffage. JENSEN a même constaté que le *micro-bacterium lacticum* supporte 85°.

La vitalité des ferments lactiques n'est pas très grande, ils meurent facilement et leur régénération doit être très fréquente, en ayant recours à desensemencements abondants. Vu le grand rôle que ces ferments jouent dans la transformation des sucres, tous ceux qui se sont occupés de cette fermentation se sont ingénies à trouver des moyens de culture favorables à leur conservation.

On sait depuis longtemps que les microorganismes retirés d'un milieu naturel perdent souvent et très rapidement leurs propriétés physiologiques caractéristiques, ou du moins certaines d'entre elles ; cette perte peut n'être que temporaire et il est possible de réussir par des cultures appropriées à leur rendre leurs anciennes propriétés.

Zae NORTHROP a constaté que les mélanges avec certaines levures acidophiles favorisait la résistance des ferments lactiques et pouvait augmenter leur vitalité pendant plus d'un an, la levure intervenant par la destruction de l'acide, la sécrétion de diastases comme la présure, la caséase ; même le liquide de culture de la levure, filtré à la bougie de porcelaine, avait une action très favorable à cet égard, et il en résulte souvent une augmentation notable du nombre de ferments lactiques par centimètres cube.

Voici quelques chiffres tirés du travail de NORTHROP :

|                               | Age de la culture<br>en jours. | Acidité. | Microbes par cc. |               |
|-------------------------------|--------------------------------|----------|------------------|---------------|
|                               |                                |          | Début.           | Fin.          |
| Ferment lactique seul. ....   | 3                              | 28°      | 6.500            | 244.000.000   |
| 1 c. d'une culture de levure. | 3                              | 43°      | 5.430            | 742.000.000   |
| 5 c. —                        | 3                              | 74°      | 5.970            | 1.415.000.000 |

STEENBERGE a également étudié cette action et a constaté que chaque ferment lactique devrait être examiné en présence d'une levure déterminée.

Certains ferments lactiques d'acidification lente paraissent à leur tour exercer une action favorable à la levure ; ceux dont l'action est plutôt nuisible sont ceux qui produisent le plus d'acide lactique et d'acides volatils ; il se produit ainsi une certaine agglutination de la levure et il peut en résulter une atténuation plus faible.

On voit ainsi que l'action des ferments lactiques et des levures est réciproque, mais on comprend que les sécrétions de la levure puissent avoir un effet favorable sur la vitalité du ferment lactique.

Les cultures de certains ferments des matières albuminoïdes, des tyrothrix exercent pour des raisons analogues une action favorable sur les ferments lactiques.

Zae NORTHROP avait déjà obtenu une notable augmentation des microbes lactiques dans les cas où il avait ajouté au milieu de culture de la présure ou de la pepsine, que les liquides diastasiques aient été ajoutés avant ou après chauffage ; le ferment lactique ainsi traité ne perd nullement la faculté de produire de l'arôme.

La mortalité de ces ferments est d'autant plus vite atteinte que l'accès de l'air est plus facile, les milieux de culture devront être riches en phosphates, afin de maintenir une concentration en ions H assez faible et il est toujours utile de neutraliser le milieu de culture exactement avant sa stérilisation.

BELONOWSKI a montré que l'addition du carbonate de chaux a pu prolonger beaucoup la vitalité du ferment bulgare ; la coagulation du lait se fait bien plus rapidement avec la semence provenant d'un milieu additionné de carbonate qu'avec celui sans cette addition.

Ces ferments sont donc peu résistants vis-à-vis de l'acide lactique et peuvent être détruits déjà au bout de 15 jours à 3 semaines dans le milieu acide ; on remarque que lorsqu'ils perdent le pouvoir acidifiant, ils acquièrent souvent la faculté de rendre le lait glaireux, (ferments lactiques dégénérés).

JENSEN a pu conserver avec toutes leurs propriétés des ferments lactiques pendant trois ans, sans aucune régénération sur la gélose glucosée à 0,25 %<sub>0</sub>, et à 0,25 %<sub>0</sub> d'azote sous la forme de peptone de caséine ; il importe, en effet de n'avoir pas plus de 1/4 %<sub>0</sub> d'acidité.

Sous la forme sèche, leur vitalité est un peu plus grande ; on verse la culture liquide sur un corps destiné à absorber le liquide et on dessèche ensuite avec modération la poudre obtenue ; WEIGMANN a ainsi conservé leur faculté acidifiante pendant 3 à 5 ans.

Il est donc à conseiller, après leur dessiccation, de les rajeunir au préalable, et en tous cas de faire toujours desensemencements abondants et des rajeunissements fréquents.

**Accoutumance.** — M. RICHET a montré que les ferments lactiques peuvent être accoutumés à des doses assez élevées de phosphates de potassium, d'arséniate de potassium ; après le traitement, le ferment lactique accoutumé se développe bien moins dans le lait non additionné d'antiseptiques que dans celui additionné de ces composés ; ce savant a obtenu les mêmes résultats avec des sels de thallium.

L'addition de faibles quantités de sels de magnésium, baryum, plomb, manganèse a accéléré la fermentation lactique (RICHET).

La grande majorité des ferments lactiques supporte 2,5 %<sub>0</sub> de sel marin ; ce n'est qu'à partir de la dose de 5 %<sub>0</sub> que ce sel devient nuisible.

On voit que l'emploi des antiseptiques permet d'obtenir de profondes modifications.

Dans le même ordre d'idées, HEINEMANN a pu créer une nouvelle race de streptobacille lactique par passage à travers le corps du lapin ; il y a eu diminution du pouvoir acidifiant, proportionnelle au nombre de passages ; certains composés hydratés ne sont plus attaquables, tandis que d'autres plus difficiles à transformer, comme le raffinose, le deviennent par les races ainsi obtenues.

**Diastase lactique.** — BUCHNER employant le procédé de l'acétone, a montré que la transformation du sucre en acide lactique était un phénomène diastasique ; il a pu extraire cette diastase d'une culture de *Bact. acidificans longissimus*, ferment lactique de distillerie ; l'acide lactique obtenu a été caractérisé par son sel de zinc.

**Bact. Coli et Bact. aerogenes.** — Ces microorganismes sont très fréquents en laiterie, surtout lorsque le lait n'est pas recueilli avec suffisamment de soins et de propreté.

Ces ferments, très abondants sur le foin, la paille, les litières, céréales, etc..., sont des habitants constants de l'intestin et des matières excrémentielles ; leur présence peut donner lieu à de graves inconvénients. Ils changent le goût du lait qui devient acide, douceâtre, souvent très désagréable, produisant le boursofflement des fromages ; certaines variétés sont pathogènes pour les animaux.

Ces deux microorganismes sont plutôt aérophiles, donnent quelque fois une forte acidité, peuvent attaquer la caséine, donnent lieu à une production de gaz :  $H$ ,  $CO^2$ ,  $CH^4$ , surtout le *Bact. aerogenes* avec lequel l'acide carbonique domine, tandis que c'est l'inverse pour le *Bact. Coli* qui donne naissance à plus d'hydrogène.

Les ferments lactiques jouent un grand rôle dans de nombreuses industries, notamment en distillerie et en laiterie ; leur utilisation rationnelle y a trouvé emploi et a donné lieu à des résultats très importants dans la pratique, notamment en beurrerie et en fromagerie.

E. KAYSER.

---