

- [13] PRODANSKI (P.). Thörner-Säuregrad und pH zum Zeitpunkt der Koagulation bulgarischer Sauermilch aus verschiedenen Milcharten in Abhängigkeit von Pasteurisierungstemperatur und Heisshaltezeit der Ausgangsmilch. *Milchwissenschaft*, (1967) **22**, 167-168.
- [14] PUHAN (Z.). Die Molkenlässigkeit von Joghurt. *Schweiz. Milchztg.* (1964). Nr. 33, p. 205.
- [15] STORCK (W.). Milchemischgetränke und Sauermilchgetränke, einschl. Yoghurt und Bioghurt. Verlag Th. Mann, G.m.b.H., Hildesheim (1959).
- [16] STORCK (W.) und HARTWIG (H.). Qualitätsfehler bei Milch und Milcherzeugnissen. Vermeidung und Abstellung. Verlag. Th. Mann, Hildesheim, p. 22, 1965.
- [17] STORGARDS (O.A.T.). Ueber die Konsistenz der Dickmilch. XIV. Int. Michw. Kongress, I. Bd., 2. Teil, 332-341 (1956).

## SUPPLÉMENT TECHNIQUE

### LES RADIOISOTOPES ET LES RAYONNEMENTS DANS LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE LAITIÈRES

par

G. GENIN

*Ingénieur E.P.C.I.*

Sur ce thème, l'Agence internationale de l'énergie atomique a organisé à Vienne, en 1966, un symposium au cours duquel différentes communications du plus haut intérêt ont été présentées. Nous reproduisons dans ce qui suit un court résumé de ces communications.

*Harper (W. J.) et Gould (I. A.). — Applications des radioisotopes et des rayonnements à l'évaluation et au contrôle des procédés de traitement des produits laitiers.* Département de technologie laitière de l'Université de l'Etat d'Ohio.

Les principales applications industrielles des rayonnements émis par les radioisotopes sont les suivantes : jauges et appareils de mesure et de contrôle divers, densité des produits, composition chimique, épaisseur des couches dans les industries de la galvanoplastie, de la peinture et des matières plastiques, mesure des volumes et des débits, des interfaces et des niveaux des fluides, etc. Dans bien des cas, l'utilisation des radioisotopes permet ou facilite l'automatisation de la production.

Jusqu'à présent, l'industrie laitière n'a fait appel que dans une mesure limitée aux radioisotopes. On ne s'est pas encore rendu compte de toutes leurs possibilités. Après une description des principes qui interviennent dans l'application industrielle des radioisotopes et des rayonnements et une étude de l'application de ces principes à l'industrie laitière, on expose l'expérience déjà acquise dans ce domaine particulier.

*Jordan (W. K.). — Application des radioisotopes à l'évaluation de la propreté des surfaces en contact avec des produits laitiers.* Section des sciences alimentaires de l'Université Cornell.

La sensibilité de la détection d'une souillure résiduelle sur une surface devient d'un ordre très élevé si cette souillure contient un radio-indicateur. Cette observation a été déjà mise à profit dans différents domaines et en particulier pour le contrôle des surfaces au contact d'aliments. L'emploi de microorganismes activés par incorporation, dans leur structure cellulaire, de composés contenant  $^{32}\text{P}$  fait qu'il est possible d'étudier plus en détail qu'auparavant la propreté de surfaces en contact avec le lait.

Lorsqu'on applique d'autre part cette méthode à l'évaluation de la facilité de nettoyage de surfaces d'acier inoxydable, on constate qu'une surface finement polie est plus facile à nettoyer que les surfaces grossières. Les autoradiogrammes de surfaces établis avant et après lavage fournissent des renseignements qualitatifs sur l'uniformité de distribution de la couche de souillure et sur les caractéristiques des surfaces qui abritent les organismes et les protègent de l'action des produits chimiques et des traitements mécaniques.

*Harper (W. J.) et Gould (I. A.). — Utilisation de radio-indicateurs dans les recherches concernant le lait et les produits laitiers.* Département de technologie laitière, du centre agricole de recherche et de développement de l'Ohio.

L'extension des applications des composés radioactifs comme indicateurs dans la recherche chimique et biologique est allée de pair avec le développement rapide de nos connaissances dans les domaines de la biochimie, de la biologie moléculaire, et de la biologie médicale. Les progrès que l'emploi des radioisotopes a rendu possibles peuvent être attribués à l'extrême sensibilité de la méthode radiologique et au fait que le radioisotope, parce qu'il est unique, est un indicateur sélectif qui permet de suivre une série de réactions dans un système biologique complexe, sans gêner de la part d'autres réactions.

On a utilisé une grande variété de radio-nucléides dans les recherches sur le lait et les produits laitiers et les principales conclusions de ces recherches sont exposées.

*Busse (M.). — Le métabolisme chez les organismes présents dans les produits laitiers.* Etablissement de recherches de l'Allemagne du sud pour la science laitière.

On passe en revue les modes de désassimilation du glucose chez les bactéries de l'acide lactique, en utilisant  $^{14}\text{C}$  comme indicateur. Chacune des voies du métabolisme est caractérisée par une suite de réactions spécifiques et, dans une certaine mesure, par les produits de fermentation formés. On peut en outre obtenir une répartition du carbone du glucose entre les atomes de carbone des produits de fermentation, différente selon le mode de désassimilation. En utilisant des glucoses marqués, on peut, par dégradation chimique des produits de fermentation, déterminer ces répartitions du carbone. Cette méthode a permis de confirmer des résultats déjà obtenus avec des méthodes biochimiques, de déterminer laquelle des voies connues du métabolisme joue dans un organisme donné, et de déterminer, par fermentation du glucose avec *Leuconostoc mesenteroides*, la répartition de  $^{14}\text{C}$  dans le glucose.

Dans les études bactériologiques des produits laitiers, il devient possible de décrire d'une manière plus précise les voies du métabolisme des bactéries ayant une importance économique.

*Glascok (R. F.) et Bryant (D. T. W.). — Méthodes d'extraction des radionucléides présents dans le lait.* Département de radiobiochimie de l'Institut national de recherche sur la laiterie de Shinfield.

Description des diverses méthodes permettant d'extraire les radionucléides du lait, et en particulier par échange d'ions. Description d'une installation pilote montée en laboratoire et inspirée de celle construite à Beltsville près de Washington. Cette installation a permis d'effectuer plus de 100 opérations en une année, sans aucune détérioration des propriétés physiques de la résine. Rien ne permet de penser que le passage du lait à travers les appareils entraîne une contamination par les bactéries. Le rendement radiochimique pour  $^{85}\text{Sr}$  introduit soit *in vitro*, soit *in vivo*, est supérieur à 95 p. 100.

Les résultats obtenus avec l'installation permettant de traiter 2250 litres par jour montrent qu'une méthode fondée sur l'emploi de résines échangeuses de cations permettrait de réduire la concentration en radiostrontium et en radiocésium d'un facteur de 10.

*Walter (H. E.).* — **Mise au point, à l'échelle expérimentale et à l'échelle industrielle, de procédés d'extraction des radionucléides présents dans le lait.** Service de recherche agricole du Ministère de l'agriculture des Etats-Unis.

Description d'une méthode de laboratoire pour l'extraction des radionucléides du lait par échange d'ions sur lit fixe. Les différentes phases de l'opération consistent à acidifier le lait entier froid avec de l'acide citrique, jusqu'à ce que son  $pH$  atteigne 5,3, à contrôler le débit du lait à travers la colonne de résine préalablement régénérée, à neutraliser le lait avec de la potasse jusqu'à ce que son  $pH$  atteigne 6,7, à pasteuriser, à homogénéiser et à désodoriser le lait. On procède ensuite au rinçage, au nettoyage et à la régénération de la résine, au moyen d'une solution contenant des quantités déterminées de sels de calcium, de potassium et de magnésium, qui extrait le radiostrontium de la résine.

Dans ces conditions, le pourcentage de radiostrontium extrait varie de 75 à 98 p. 100 selon le débit et le  $pH$ . Le pourcentage de  $^{140}\text{Ba}$  extrait est environ de 85 p. 100, et celui du  $^{137}\text{Cs}$  de 50 p. 100.

On a réalisé ensuite une installation industrielle automatisée et, après traitement de 460 000 kg de lait d'une teneur moyenne en radiostrontium de 34,2 pCi par litre, le pourcentage d'extraction a été en moyenne de 91,7 p. 100. On n'a constaté aucune augmentation appréciable de la population microbienne au cours du traitement, le lait semble se conserver de manière satisfaisante, le coût du traitement est d'environ 1,70 cent par litre.

*Stoutjesdijk (J. F.).* — **Extraction du radiostrontium du lait avec des colonnes de  $(\text{PO}_4)_2\text{Ca}_3$ .** Association Euratom-Ital de Wageningen.

Si l'on agite du lait avec 8 p. 100 de triphosphate de calcium pendant 10 minutes, on extrait environ 60 p. 100 de  $^{85}\text{Sr}$  ajouté *in vitro*, 40 p. 100 de Ca, et 16 p. 100 des protéines du lait. Le lait ainsi traité a mauvais goût. En répétant l'opération, on obtient une extraction presque totale de  $^{85}\text{Sr}$ .

Le traitement sur colonne de phosphate de calcium permet d'extraire environ 98 p. 100 du radiostrontium, la perte en protéines du lait n'étant que de 5 p. 100, mais 50 p. 100 du calcium se fixent également sur la colonne, et le lait a mauvais goût. En diminuant le  $pH$  du lait, de manière à le ramener à 5,4, on peut extraire plus complètement le radiostrontium, mais il en est de même pour Ca. On peut conclure que le phosphate de calcium, utilisé dans ces conditions, ne permet pas de remplacer les résines organiques échangeuses d'ions, pour l'extraction du radiostrontium du lait.

*Bales (R. E.) et Hickey (J. L. C.).* — **Traitement industriel du lait pour en extraire les radionucléides cationiques et**

**anioniques.** U. S. Department of Health Education and Welfare de Rockville.

Le service de la santé publique a dirigé l'étude et la construction de deux installations de traitement destinées à extraire  $^{90}\text{Sr}$  et  $^{131}\text{I}$  du lait frais. L'une est une installation industrielle utilisant le procédé par échange d'ions sur lit fixe, d'une capacité de plus de 50 000 kg de lait par jour, l'autre est une installation pilote utilisant le procédé par échange d'ions sur lit mobile, d'une capacité de 3 500 kg.

Compte rendu des études de laboratoire et en installation pilote ayant servi à la mise au point de ces installations ; Indications sur l'extraction des radionucléides, sur la modification de la qualité du lait, examen des problèmes relatifs au contrôle du lait, (pH, qualités organoleptiques, déstabilisation des protéines).

*Michon (G.) et Jeanmaire (L.) et Madelmont (C.). — Mesure des teneurs en radioisotopes du lait et des produits laitiers.* Centre d'études nucléaires de Saclay.

Intérêt des techniques de mesures sûres et pratiques utilisables par le chercheur ou l'hygiéniste. Application de ces techniques à la recherche des nucléides, aux méthodes de détection et de mesure des rayonnements, à l'identification des radioéléments émetteurs et à la préparation chimique des échantillons.

On décrit en particulier les progrès réalisés dans chacune de ces opérations, les tendances qui se dégagent et les espoirs que l'on peut nourrir à l'égard des progrès réalisés dans les domaines théoriques de l'action des rayonnements sur la matière. Il est encore trop tôt pour sélectionner et normaliser les méthodes définitives d'analyses.

*Merten (D.), Bergerhoff (G.) et Ferraris (M. M.). — Contrôle de la qualité des analyses et étude de la contamination du lait.* Agence internationale de l'Energie atomique de Vienne.

L'évaluation des risques résultant de la contamination du milieu ambiant repose sur des déterminations qualitatives et quantitatives de radionucléides présents dans diverses matières. On ne peut donc arriver à une évaluation exacte que si la fiabilité des données fournies par l'analyse est établie. Si la précision des mesures peut être facilement déterminée par les laboratoires, par contre la détermination de l'exactitude ne peut être fournie que par l'analyse de radionucléides étalonnés, ou par des comparaisons inter-laboratoires et ces deux types de contrôle sont assurés par l'agence de Vienne sur les radionucléides suivants :  $^{131}\text{I}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  et  $\text{Pu}$ , contenus dans le lait, les tissus aminaux, les plantes et le sol.

Les résultats des comparaisons interlaboratoires révèlent des différences considérables, en particulier vis-à-vis de certains radionucléides, elles résultent de diverses erreurs systématiques qui s'ajoutent et il faut donc améliorer le contrôle interne et externe de la qualité de l'analyse.

*Kirchmann (R.), Adam (V.) et van Puymbroeck (S.). — Radiocontamination des dérivés du lait de vache.* Centre d'études de l'Energie nucléaire de Mol.

Le lait est un maillon vulnérable de la chaîne alimentaire de l'homme. En vue d'évaluer les possibilités d'emploi de lait contaminé au-dessus des normes admises pour la consommation directe par l'homme et afin d'examiner si la répartition des radionucléides importants est identique dans des dérivés fabriqués à partir de lait contaminé *in vivo* et *in vitro*, on a répété en laboratoire des expériences s'inspirant des procédés technologiques utilisés dans l'industrie laitière. Les résultats obtenus peuvent être résumés comme suit :

— Le mode de coagulation (présure ou fermentation lactique) influence très fortement la contamination en radiostrotrontium des fromages fabriqués à partir de lait contaminé *in vivo* ; dans le cas du lait contaminé *in vitro*, le mode de coagulation ne joue pas de rôle.

— L'examen du rapport des concentrations radionucléides (dérivés/lait entier), dans le lait écrémé, la crème, le beurre et le babeurre, montre que le mode de contamination du lait a très peu d'influence sur la répartition des radionucléides, sauf pour le rapport  $^{131}\text{I}$  relatif au beurre qui diffère d'un facteur supérieur à 2, selon le mode de contamination.

*Johnson (J. E.) et Ward (G. M.). — Etude du métabolisme des isotopes chez les vaches laitières, par la spectrométrie gamma *in vivo*.* Département des Sciences animales et de la biologie des rayonnements de l'Université d'Etat du Colorado.

Un compteur à cristal utilisé pour le dosage de l'activité d'un organisme entier a été adapté pour la spectrométrie gamma *in vivo* de grands animaux. Initialement, le compteur a été conçu pour mesurer chez les vaches la charge corporelle de  $^{137}\text{Cs}$  des retombées, en fonction de la quantité ingérée avec les aliments ; la charge corporelle a été ensuite comparée à la concentration dans les retombées et on a étudié le rapport entre les charges corporelles de césium radioactif et la concentration de ce radioisotope dans le lait à l'état d'équilibre.

Les animaux dont l'activité doit être dosée sont préalablement lavés et maintenus en place dans une stalle mobile. Des collecteurs

d'urine et de matières fécales sont fixés à l'animal pendant le comptage. On a pu facilement mesurer, au cours d'une période de comptage de 30 minutes, des charges corporelles ne dépassant pas 100 nCi de  $^{137}\text{Cs}$ , ainsi que la concentration du potassium dans l'ensemble de l'organisme.

Dans les expériences destinées à déterminer la période biologique de  $^{134}\text{Cs}$  chez les vaches après absorption par voie buccale de doses inférieures à  $2,0 \mu\text{Ci}$ , on a pu mesurer les charges corporelles au cours de périodes de comptage de 10 minutes, plusieurs mois après que l'isotope n'était plus décelable dans le lait ni dans l'urine. Après administration par voie buccale de doses de  $^{134}\text{Cs}$  à des vaches en période de lactation, on a constaté que la fonction du taux de sécrétion du lait comportait trois termes exponentiels.

*Ward (G. M.) et Johnson (J. E.). — Influence du régime alimentaire sur la réduction de la concentration du lait de vache en  $^{137}\text{Cs}$  provenant de retombées radioactives.* Département des sciences animales et de biologie des rayonnements, de l'Université d'Etat du Colorado.

A la suite des fortes retombées radio-actives qui ont eu lieu en 1962 et 1963, la teneur en  $^{137}\text{Cs}$  de l'herbe des pâturages et du foin était de 10 à 20 fois supérieure à celle des grains et de plusieurs fois supérieure à celle du maïs ensilé. On a constaté que le coefficient de transfert établi sur la base du pourcentage de  $^{137}\text{Cs}$  contenu dans le régime alimentaire et sécrété journallement par litre de lait était relativement constant pour toutes les vaches et qu'il n'était sensiblement influencé que par la nature de l'alimentation et non par la quantité de lait produit.

Ce coefficient de transfert était, pour des rations constituées essentiellement de fourrage, de 0,24 p. 100 contre 0,72 p. 100 pour des rations constituées par une forte proportion de grains, ce qui a permis de réduire considérablement la concentration en césium radioactif du lait, en substituant des grains à la plus grande partie du fourrage.

Le fait que le coefficient de transfert soit plus faible pour des rations constituées principalement par du foin semble résulter de la plus grande proportion dans le foin, de fibres et de particules argileuses, non digestibles, ce qui réduit la quantité de  $^{137}\text{Cs}$  de retombées assimilable par les vaches.

*Samuelsson (E. G.). — Détermination des oligoéléments dans le lait et les produits laitiers au moyen de l'analyse par activation neutronique.* Département laitier d'Alnarp.

On dispose d'une méthode sensible et exacte pour étudier les oligoéléments du lait et des produits laitiers : l'analyse par activa-

tion au moyen de neutrons. L'échantillon et l'étalon sont placés dans une ampoule, on irradie l'échantillon, on identifie et on isole les nucléides formés, on procède à la détermination quantitative des nucléides.

On expose aux neutrons thermiques donnant des réactions (n, gamma), on détermine les radionucléides formés au moyen d'un tube compteur de Geiger-Müller, d'un compteur proportionnel ou d'un scintillateur et on effectue la détermination quantitative en appliquant la formule suivante :

$$\begin{aligned} m^{\text{échantillon}} &= m^{\text{étalon}} \times (I^{\text{échantillon}}/I^{\text{étalon}}), \\ m &= \text{quantité de l'élément}, \\ I &= \text{nombre de désintégrations par seconde}. \end{aligned}$$

Application de cette méthode au dosage du cuivre dans le lait et description de certaines sources d'erreurs dont on doit tenir compte lorsqu'on pratique l'analyse par activation au moyen de neutrons.

*Goresline (H. E.). — Situation actuelle de l'irradiation des denrées alimentaires.* Agence Internationale de l'Energie atomique de Vienne.

Les recherches commencées il y a 14 ans sur l'application des rayonnements ionisants au traitement des denrées alimentaires ont conduit à la veille de l'application de cette nouvelle méthode à l'échelle internationale. Parmi les applications qui ont déjà atteint le stade industriel, il faut citer l'arrêt de la germination des pommes de terre et des oignons au moyen de  $^{60}\text{Co}$  et parmi les applications en voie d'industrialisation, il faut indiquer l'éradication des salmonelles dans les œufs ; la volaille et certaines préparations de viande, le prolongement de la durée de stockage de certains fruits, du poisson frais, des fruits de mer, de la viande, la production de produits stables ; il existe encore cependant certaines difficultés à surmonter.

Jusqu'à présent, on n'a pas encore pu traiter avec succès les produits laitiers au moyen des rayonnements. Des mauvais goûts apparaissent lorsque le traitement est assez intense pour augmenter les qualités de conservation. Cependant, lorsqu'on saura davantage sur le mécanisme des réactions chimiques radio-induites, il sera peut-être possible de surmonter ces difficultés.