

**Zeitschrift:** Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène

**Herausgeber:** Bundesamt für Gesundheit

**Band:** 79 (1988)

**Heft:** 4

**Artikel:** Effet protecteur de l'emballage contre la photo-oxydation. Partie III, Étude du PH et de la couleur de divers yoghourts en cours de stockage = The protective effect of packing material against photo-oxidation

**Autor:** Desarzens, C.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-982592>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 28.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Effet protecteur de l'emballage contre la photo-oxydation

### III. Etude du pH et de la couleur de divers yoghourts en cours de stockage\*

#### The Protective Effect of Packing Material against Photo-Oxidation

*C. Desarzens*

Ecole suisse d'ingénieurs des industries graphique et de l'emballage, Lausanne

#### Introduction

Dans le but d'accroître leur attractivité, la plupart des produits laitiers vendus dans les magasins et les supermarchés sont présentés sous un éclairage fluorescent relativement important s'étendant de 350 à 750 nm environ (cf. fig. 1). Une telle pratique de vente s'accompagne généralement d'une forte photodégradation, souvent ignorée, de ces produits. Il en résulte une diminution de leurs qualités organoleptiques et nutritionnelles avec apparition de faux-goûts (cf. parties I, II et V, réf. 1, 2 et 4), pertes de vitamines (cf. partie IV, réf. 3) et décoloration. Ces diverses altérations dépendent étroitement du produit laitier considéré, de son emballage ainsi que des conditions d'exposition à la lumière (couleur, intensité, durée et température).

Après une étude par GC-MS en mode SIM® de quelques composés carbonylés et du méthional (cf. partie I, réf. 1) puis une étude de l'indice de peroxydes et de la période d'induction de l'oxydation de la graisse libre (cf. partie II, réf. 2) comme indicateurs de photo-oxydation, cette troisième contribution partielle a pour objet l'étude de l'acidité et de la couleur des mêmes yoghourts comme autres critères importants de qualité. En complément, une étude zonale des yoghourts nature, chocolat et mocca, une étude du yoghourt vanille ainsi qu'un test accéléré de photodégradation sous un éclairage beaucoup plus intense complètent le présent travail.

\* Travail financé par la Commission pour l'encouragement de la recherche scientifique (CERS), projet no 1652, et présenté comme poster lors de la 100ème assemblée annuelle de la SSCAA les 2 et 3 septembre 1988 à Neuchâtel.

## Partie expérimentale

### *Choix et traitement des échantillons*

Les yoghourts nature, fraise, mocca et chocolat proviennent du même lot d'échantillons que ceux utilisés pour les autres essais en commun (cf. parties I à V). Pour mémoire, il s'agit de yoghourts de 180 g, conditionnés en pots de verre brun (abrégé ci-après VB) ou de polystyrène incolore (abrégé ci-après PS), stockés à 7 °C jusqu'à 21 jours à l'obscurité (abrégée ci-après par le suffixe .0) ou à la lumière (abrégée ci-après par le suffixe .1). L'illumination, d'un flux de 2000 lux, est assurée par 6 tubes fluorescents du type Philips TL 33/40 W (cf. fig. 1). Les autres détails de cet essai sont indiqués dans le travail principal (5).

Les yoghourts vanille, utilisés exclusivement pour cet essai, proviennent d'un commerce de détail local. Leur conditionnement est identique aux précédents (VB et PS).

Le test accéléré de photodégradation a été effectué à env. 15 °C (refroidissement par circulation d'eau) sous un éclairage beaucoup plus bref, mais plus intense (130 000 au lieu de 2000 lux) généré par une lampe au xénon (type Suntest CPS de Heraeus AG, CH-8045 Zurich) pour une durée de stockage de 6 heures au maximum.

### *Mesure des spectres de transmission des matériaux d'emballage*

Les spectres de transmission des matériaux d'emballage (PS et VB) ont été déterminés au moyen d'un spectrophotomètre UV — visible (type 8452 de Hewlett-Packard) couplé à un ordinateur WYSE 80386 (Stolz AG, CH-5405 Baden-Dättwil).

### *Mesure du pH*

L'évolution du pH en cours de stockage a été suivie à l'aide d'un pH-mètre universel équipé d'une électrode de verre. Les mesures ont été effectuées à température ambiante.

### *Mesure de la couleur L, a, b et des spectres de réflexion des échantillons*

La mesure de la couleur L, a, b selon Hunter ainsi que des spectres de réflexion des yoghourts a été effectuée selon Desarzens et al. (6—7) à l'aide d'un spectrophotomètre Macbeth MS 2000 à lampe pulsée, équipé d'une cellule de mesure de 500 ml environ (8). Les échantillons ont été mesurés après un brassage soigneux de toute leur masse. Les yoghourts aux fraises ont préalablement été homogénéisés aussi finement que possible à l'aide d'un mixer de cuisine. Tous les échantillons, hormis ceux aux fraises en raison de leur inhomogénéité, ont en ou-

tre fait l'objet d'une étude zonale, la partie intérieure ayant été prélevée au moyen d'un emporte-pièce de 30 mm de diamètre.

## Résultats et discussion

### *Spectres de transmission des emballages*

La figure 2 montre les spectres de transmission des 2 emballages retenus pour cette étude comme étant extrêmes du point de vue de leur effet protecteur sur le contenu. Entre 310 et 510 nm environ, domaine correspondant approximativement à la 3ème bande d'absorption de la riboflavine (cf. partie IV, réf. 3), le verre brun VB présente un taux de transmission variant de 0 à 34% contre 12 à 59% pour le polystyrène transparent incolore PS. En d'autres termes, la transmission totale du PS (représentée par les intégrales hachurées en clair et en sombre sur la figure 2) est environ 4 fois plus importante que celle du VB (hachurée en sombre) dans le domaine spectral critique du point de vue de la photodégradation des produits laitiers en général, des yoghourts en particulier.

A cette importante différence de translucidité des matériaux s'ajoute encore celle de perméabilité aux gaz, à l'oxygène notamment (9–11), dont la synergie est particulièrement redoutée puisqu'elle est susceptible de générer de l'oxygène excité, des radicaux libres très réactifs ainsi que divers produits de la peroxydation lipidique, hautement indésirables (12–14), voire nocifs (15, 16).

### *Acidité*

La figure 3 montre la lente acidification des échantillons en cours de stockage pour les 4 sortes de yoghourts considérées dans le travail principal. Les valeurs ne dépendent à nouveau ni de l'emballage, ni des conditions d'exposition à la lumière, mais uniquement de la durée du stockage (9, 17).

### *Couleur L, a, b et spectres de réflexion des yoghourts*

La figure synoptique 4 (partie supérieure) indique l'évolution de la brillance ou luminance L des yoghourts *nature* (A), *fraise* (B), *mocca* (C) et *chocolat* (D) après brassage de toute leur masse. On y remarque une très légère diminution de la brillance du yoghourt *nature*, très clair et réfléchissant, au cours du stockage à la lumière dans le polystyrène incolore (PS. 1), voire dans le verre brun (VB.1). Inversement, on assiste à une légère augmentation de la brillance des yoghourts *mocca* et *chocolat* dans le polystyrène incolore comme, dans une moindre mesure, dans le verre brun. Pour ces deux sortes de yoghourts, colorés et plus foncés, cet ac-

croissement de la brillance se traduit pour l'œil par un blanchiment. On observe d'ailleurs un effet semblable avec les yogourts aux *fraises*, même à l'obscurité et dans les deux types d'emballage, dû vraisemblablement à une décoloration spontanée du colorant et des fruits.

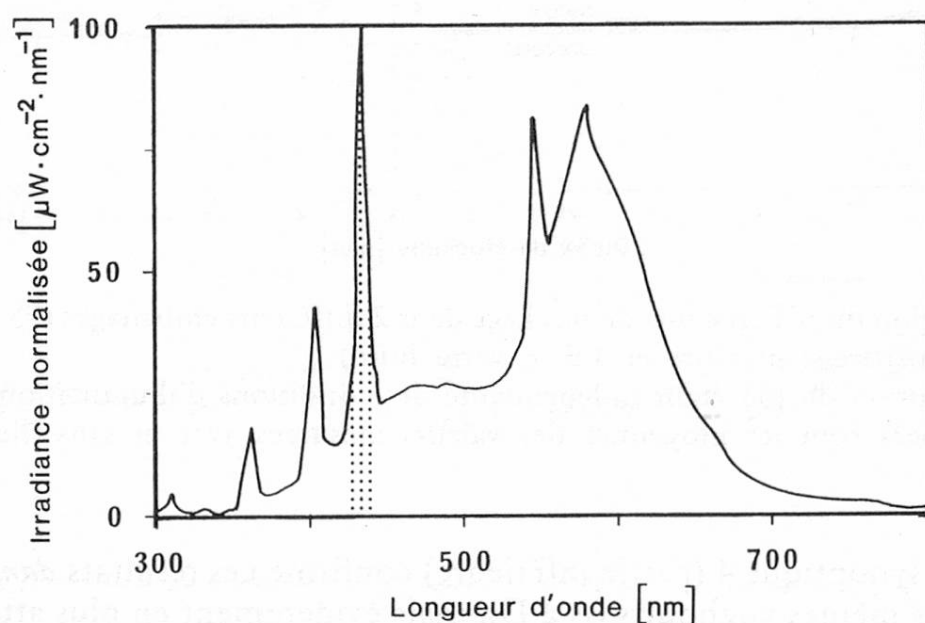


Fig. 1. Spectre d'émission des tubes fluorescents utilisés (TL Philips 33/40 W)  
Le pic hachuré correspond à la raie d'émission (à 436 nm) de la vapeur de mercure du tube, malencontreusement situé au voisinage du maximum de la bande d'absorption de la riboflavine (444 nm).

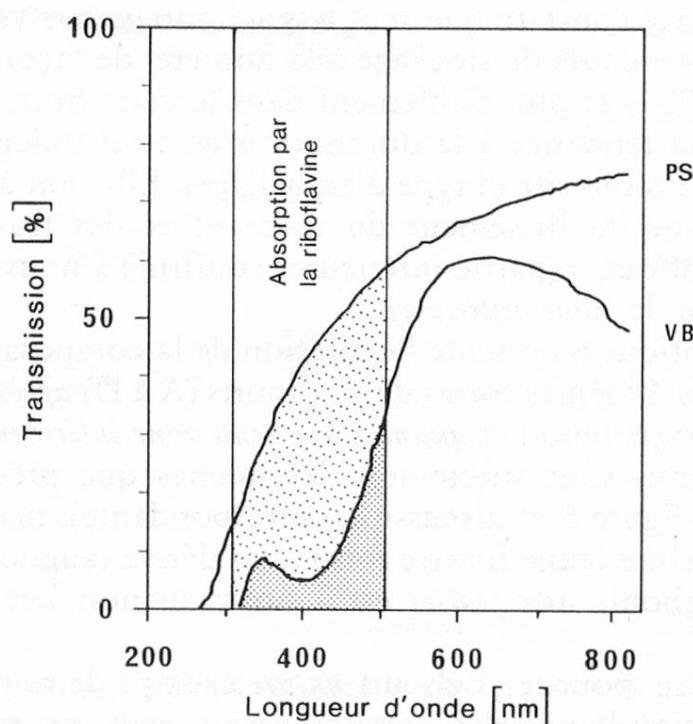


Fig. 2. Spectres de transmission des 2 emballages considérés (PS = polystyrène transparent incolore et VB = verre brun)



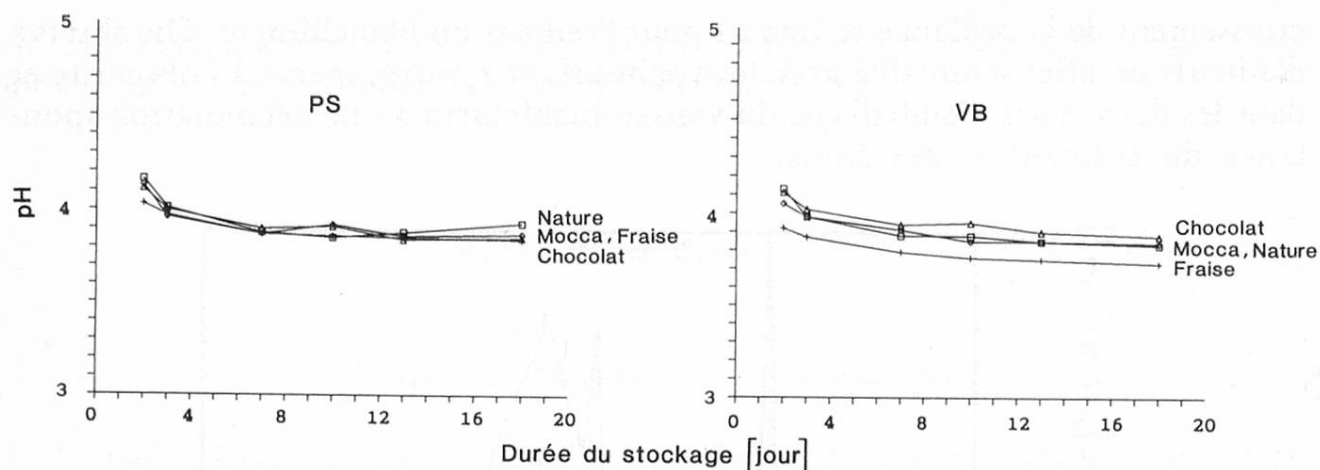


Fig. 3. Evolution du pH en cours de stockage dans 2 différents emballages (PS = polystyrène transparent incolore et VB = verre brun)  
L'évolution du pH étant indépendante des conditions d'illumination, les valeurs indiquées sont les moyennes des valeurs mesurées avec et sans illumination.

La figure synoptique 4 (partie inférieure) confirme ces résultats *dans la zone intérieure* de ces mêmes yoghourts (A à D), mais évidemment en plus atténué. Il est intéressant de constater que cet effet de blanchiment est perceptible à l'intérieur même des yoghourts *mocca* et *chocolat* dont la pigmentation est pourtant relativement importante.

La figure synoptique 5 (partie supérieure) montre l'évolution de la composante a ( $a > 0$  : rouge;  $a < 0$  : vert) de ces mêmes yoghourts (A à D), *après brassage de toute leur masse*. On y constate que seul le yoghourt *nature* varie (affaiblissement de la teinte verte) en cours de stockage à la lumière, de façon nette dans le polystyrène incolore (PS.1) et plus faiblement dans le verre brun (VB.1). Pour le yoghourt *aux fraises*, la tendance à la diminution de a est indépendante des conditions de stockage (luminosité et type d'emballage). Elle doit à nouveau être interprétée en termes de vieillissement du colorant et des fruits.

La figure synoptique 5 (partie inférieure) confirme à nouveau ces résultats, en plus atténué, pour la *zone intérieure*.

La figure synoptique 6 présente l'évolution de la composante b ( $b > 0$  : jaune;  $b < 0$  : bleu) de ces 4 mêmes sortes de yoghourts (A à D) *après brassage de leur masse complète* (partie supérieure) et *quant à leur seule zone intérieure* (partie inférieure). Les résultats obtenus sont strictement les mêmes que précédemment pour la composante a (cf. figure 5 et discussion correspondante), mais en termes d'affaiblissement de la teinte jaune b cette fois-ci. La dérive (augmentation) de la composante b du yoghourt *aux fraises* est à nouveau non liée aux conditions du stockage.

Si l'on considère, pour le yoghourt *nature* exempt de toute addition de colorant, l'évolution simultanée des composantes a et b, on remarque qu'il s'agit d'une diminution de sa teinte vert-jaune due probablement à la lente destruction de sa riboflavine (cf. partie IV, réf. 3).

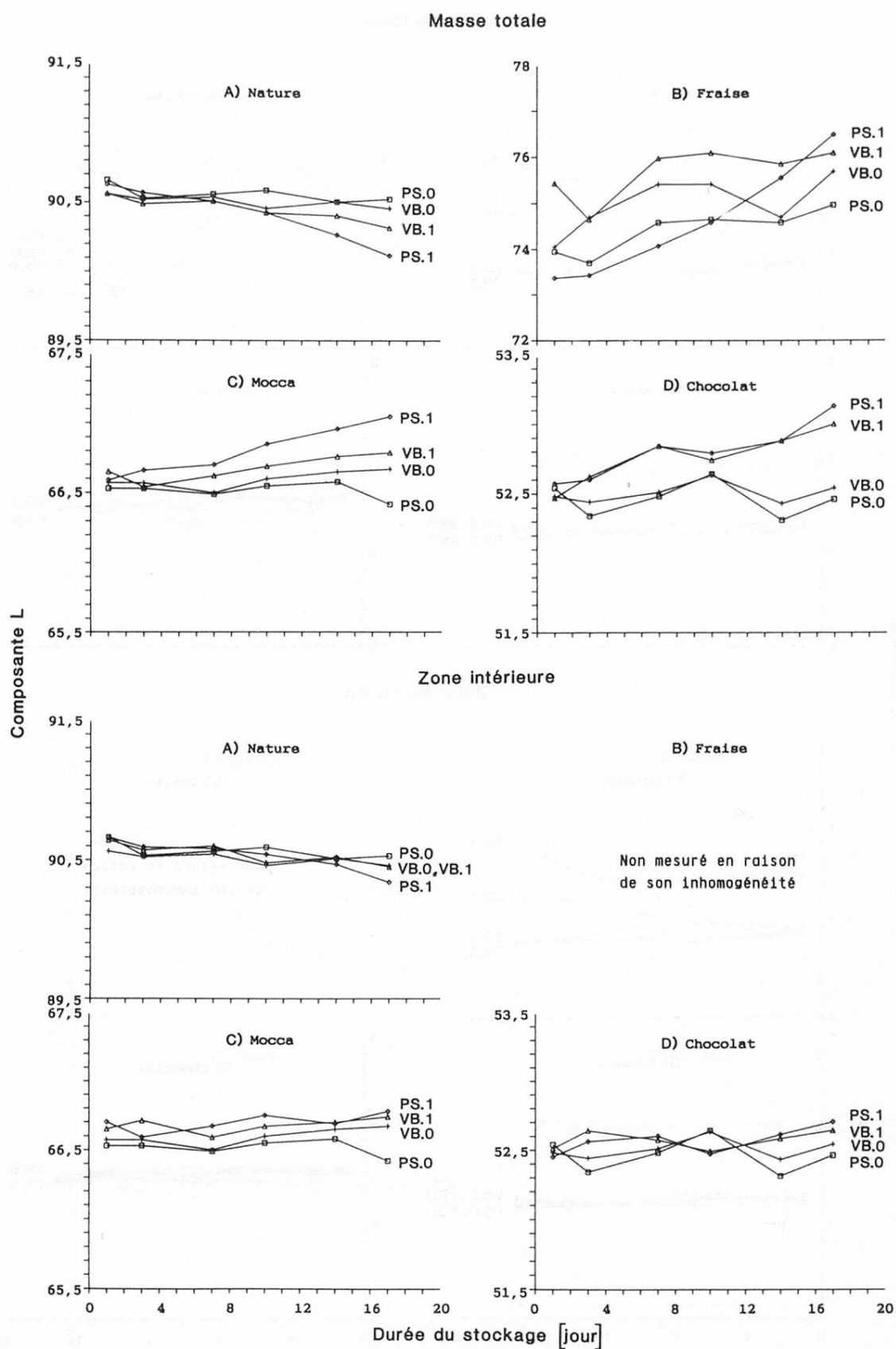


Fig. 4. Evolution de la composante L (brillance ou luminance) des yoghourts nature, fraise, mocca et chocolat dans diverses conditions de stockage (21 jours sous 0 et 2000 lux)  
 $0 < L < 100$

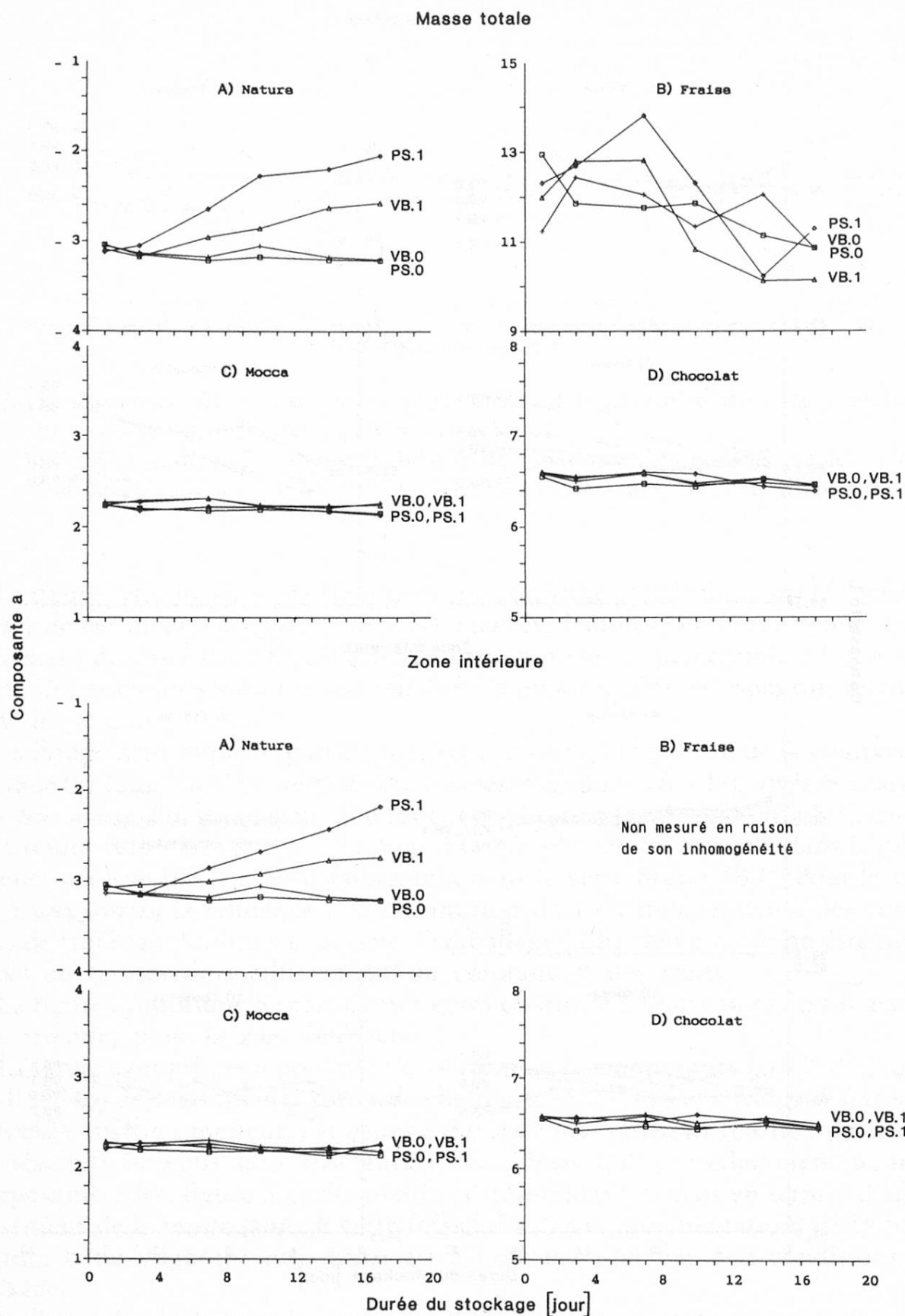


Fig. 5. Evolution de la composante a (vert—rouge) des yoghourts nature, fraise, mocca et chocolat dans diverses conditions de stockage (21 jours sous 0 et 2000 lux)  
 $a < 0$  : vert;  $a > 0$  : rouge



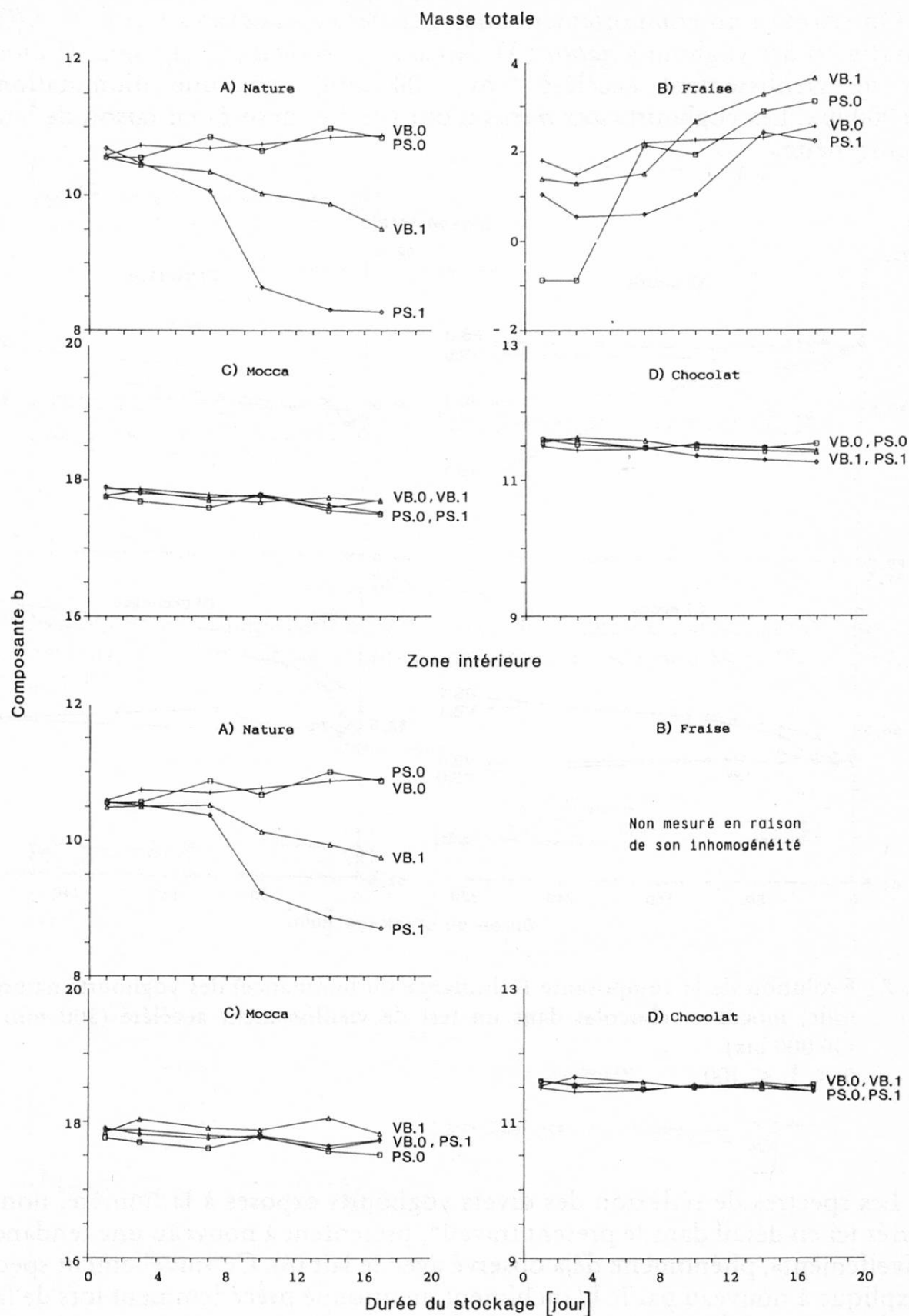


Fig. 6. Evolution de la composante b (bleu—jaune) des yoghourts nature, fraise, mocca et chocolat dans diverses conditions de stockage (21 jours sous 0 et 2000 lux)  
 $b < 0$  : bleu;  $b > 0$  : jaune

On retrouve un comportement analogue des composantes L (fig. 7), a (fig. 8) et b (fig. 9) des yoghourts *nature* (A), *mocca* (C), *chocolat* (D) et *vanille* (E) lors du test de vieillissement accéléré (env. 300 min) sous une illumination de 130 000 lux. Les yoghourts *aux fraises* n'ont pas été mesurés en raison de leur inhomogénéité.

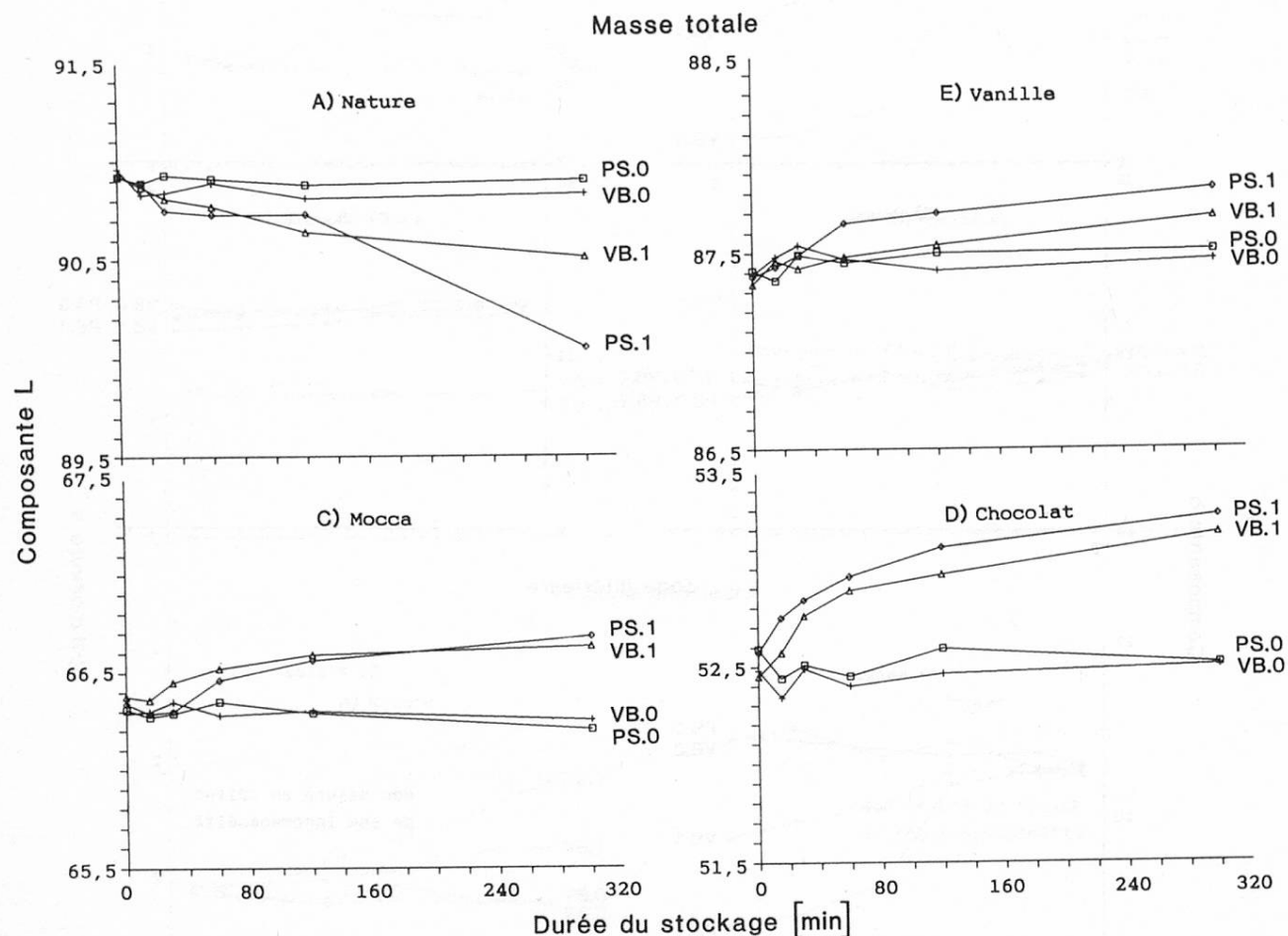


Fig. 7. Evolution de la composante L (brillance ou luminance) des yoghourts nature, vanille, mocca et chocolat dans un test de vieillissement accéléré (300 min sous 130 000 lux)  
 $0 < L < 100$

Les spectres de réflexion des divers yoghourts exposés à la lumière, non rapportés ici en détail dans le présent travail\*, présentent à nouveau une tendance au «nivellement», phénomène déjà observé avec le lait (6). Ce «nivellement spectral» s'explique à nouveau par le blanchiment mentionné précédemment lors de la discussion des valeurs de luminance L.

\* Ces spectres peuvent être obtenus auprès de l'auteur.

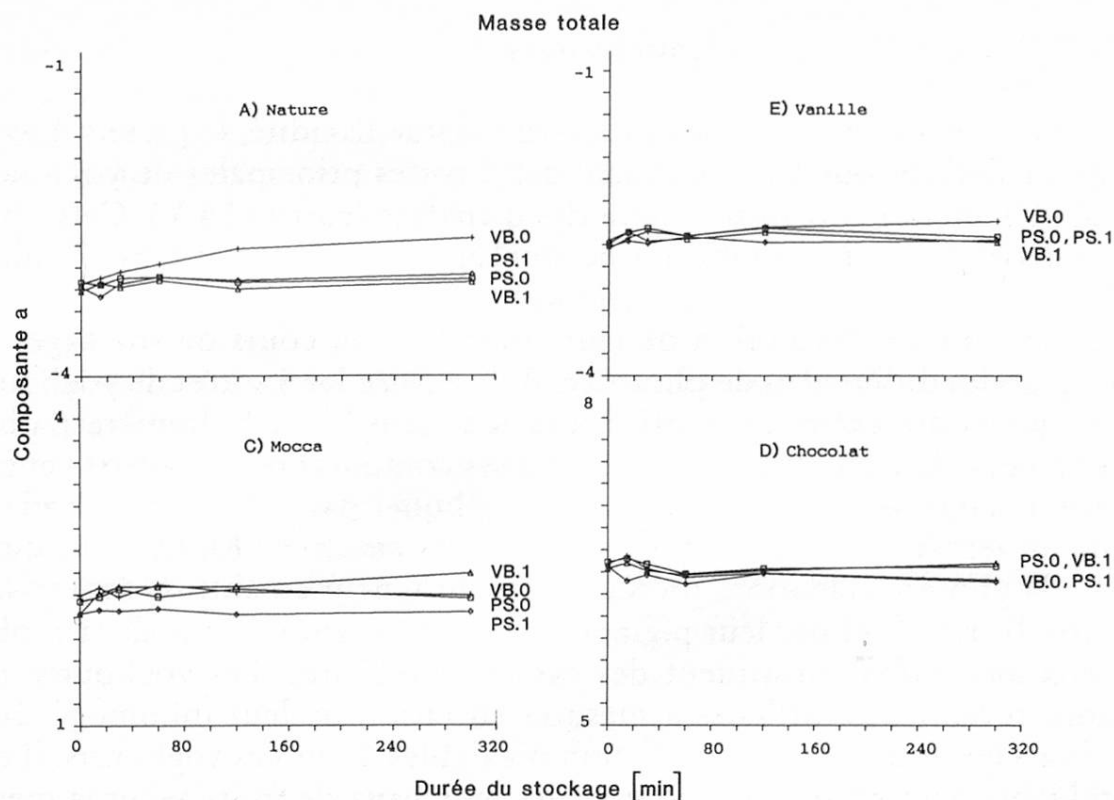


Fig. 8. Evolution de la composante a (vert-rouge) des yoghourts nature, vanille, mocca et chocolat dans un test de vieillissement accéléré (300 min sous 130 000 lux)  
a < 0 : vert; a > 0 : rouge

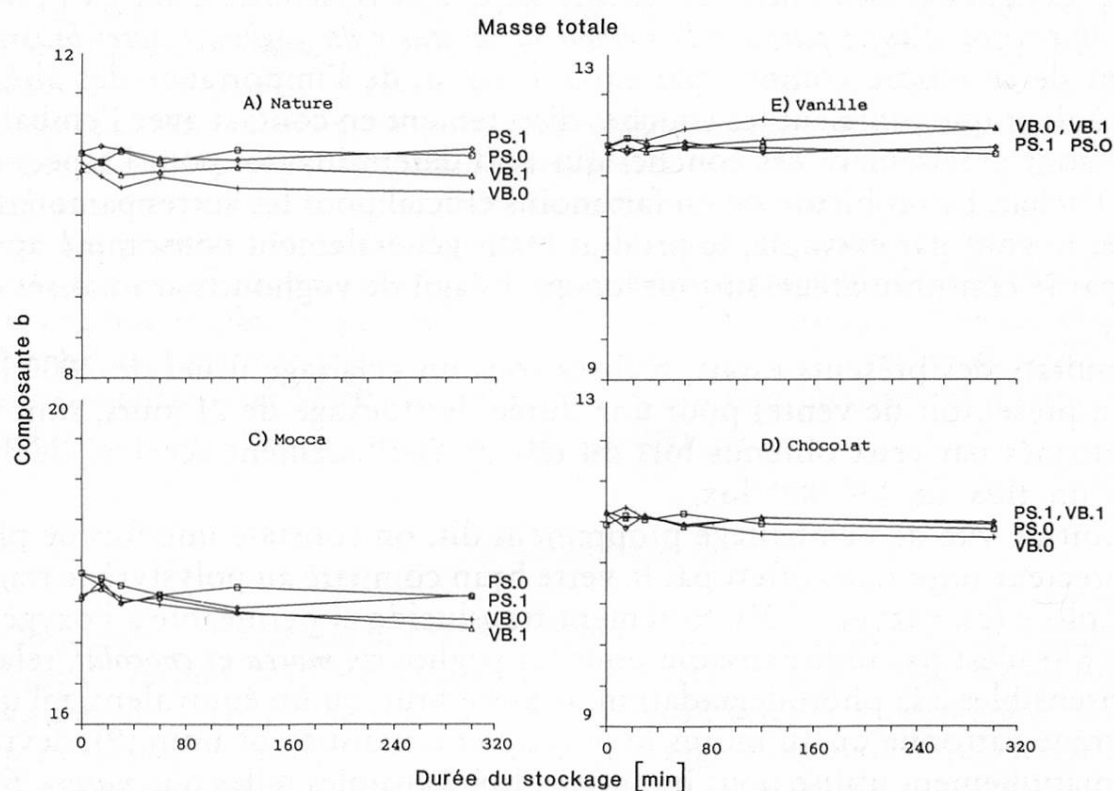


Fig. 9. Evolution de la composante b (bleu-jaune) des yoghourts nature, vanille, mocca et chocolat dans un test de vieillissement accéléré (300 min sous 130 000 lux)  
b < 0 : bleu; b > 0 : jaune

## Conclusions

Du point de vue du critère de qualité que constitue l'acidité, le présent travail indique une évolution tout à fait normale des 4 sortes principales de yoghourts étudiées parallèlement par d'autres méthodes d'analyse (parties I à V). Cette évolution est indépendante des conditions de stockage (luminosité et type d'emballage).

Du point de vue de l'évolution de leur coloration au cours du stockage, on constate de grandes différences de photosensibilité entre les 5 sortes de yoghourts étudiées. Le yoghourt *nature* est particulièrement sensible à la lumière (faiblement quant à sa brillance L, fortement quant à ses composantes a = «verte» et b = «jaune»). Son changement de teinte semble s'expliquer par sa perte de riboflavine, de couleur verdâtre. Inversement, les yoghourts *mocca* et *chocolat* sont quasi insensibles à la photodégradation, protégés par leur teneur en antioxydants naturels (cf. partie II, réf. 2) et par leur pigmentation. Les yoghourts *vanille* et probablement ceux *aux fraises* constituent des cas intermédiaires. Les yoghourts *aux fraises* se sont révélés très difficiles à mesurer en raison de leur inhomogénéité, malgré un brassage et une homogénéisation préalables. Pour ces yoghourts, il eût été vraisemblablement préférable de retirer les morceaux de fruits avant la mesure. On constate dans tous les cas une décoloration ou blanchiment spontané de cette sorte de yoghourt en cours de stockage, indépendant même de l'illumination et du type d'emballage utilisé (verre brun ou polystyrène incolore).

Les différences existant entre les valeurs de L, a et b mesurées d'une part sur la seule zone intérieure, d'autre part sur l'ensemble de la masse du yoghourt après brassage permettent de se rendre compte, par extrapolation, de l'importance des altérations de couleur que subissent les couches directement en contact avec l'emballage. Or, ce sont précisément ces couches qui sont déterminantes pour l'aspect du produit à l'achat. Le problème est en fait moins crucial pour les autres paramètres de qualité, le goût par exemple, le produit étant généralement consommé après brassage par le consommateur, surtout lorsqu'il s'agit de yoghourts aromatisés ou aux fruits.

Les résultats des présents essais, réalisés sous un éclairage usuel de 2000 lux (vitrine ou présentoir de vente) pour une durée de stockage de 21 jours, sont en outre confirmés par ceux obtenus lors du test de vieillissement accéléré de 300 min sous un flux de 130 000 lux.

Du point de vue de l'emballage proprement dit, on constate une fois de plus l'effet protecteur important offert par le verre brun comparé au polystyrène transparent incolore (cf. parties I à V), fortement translucide et perméable à l'oxygène (9, 10, 11). S'il n'est pas indispensable pour les yoghourts *mocca* et *chocolat*, relativement insensibles à la photodégradation, le verre brun ou un équivalent, tel que le polystyrène cartonné ou au moins le polystyrène transparent brun (9), devrait être systématiquement utilisé pour les sortes photosensibles telles que *nature*, *fraise* et *vanille*.

Enfin, tous les résultats du présent travail sont en parfait accord avec ceux obtenus lors des autres études parallèles (teneurs en composés carbonylés, indice de

peroxydes, teneurs en vitamines et examens sensoriels: cf. parties I à V). On constate à nouveau que les examens sensoriels sont irremplaçables et insurpassables de par leur sensibilité, leur limite de détection, leur simplicité et leur temps de réponse pour mettre en évidence une photodégradation du produit.

### *Remerciements*

Ce travail a été rendu possible grâce à l'aimable soutien financier de la Commission pour l'encouragement de la recherche scientifique (projet 1652 de la CERS). L'auteur tient également à remercier toutes les personnes qui ont contribué à ce travail, en particulier Mme *Th. Wolf* pour la dactylographie du texte, MM. *M. Ferri* et *R. Gauch* pour l'élaboration des figures, son collègue le Dr *J. O. Bosset* de la Station fédérale de recherches laitières (FAM) pour sa lecture critique du manuscrit, M. *B. Ecoffey* pour son constant soutien ainsi que la maison *Heraeus AG* pour le prêt du Suntest.

### *Résumé*

Le présent travail a pour objet l'étude de l'acidification et de l'évolution de la couleur, mesurée par les 3 paramètres L, a et b selon Hunter, de yoghourts nature, fraise, mocca et chocolat en cours de stockage dans diverses conditions (21 jours, sous 0 et 2000 lux). En complément aux autres études parallèles, il recourt à un test de vieillissement accéléré de 300 min sous un flux de 130 000 lux. Il indique la photosensibilité toute particulière du yoghourt nature (diminution de sa teinte verte-jaune que pourrait expliquer sa perte en riboflavine). Inversement, il révèle la quasi-insensibilité des yoghourts mocca et chocolat, protégés par leur teneur en composés antioxydants naturels et par leur relativement intense pigmentation. Les yoghourts vanille (considérés exclusivement dans le test de vieillissement accéléré) et fraise constituent des cas intermédiaires du point de vue de la photosensibilité. Les yoghourts fraise ne permettent pas de tirer des conclusions précises en raison de problèmes métrologiques liés à leur inhomogénéité. L'ensemble des résultats obtenus indique, une fois encore, l'important effet protecteur des emballages en verre brun comparé à celui du polystyrène incolore transparent, surtout pour les couches de yoghourt directement en contact avec l'emballage. Or, ces couches sont précisément déterminantes pour l'aspect du produit à l'achat (critère de qualité).

### *Zusammenfassung*

In Joghurt nature sowie in Erdbeer-, Mokka- und Schokoladajoghurts wurden während 21-tägiger Lagerung bei unterschiedlichen Lagerbedingungen (0 und 2000 Lux) die Säuerung und die Veränderungen der Farbe untersucht. Letztere wurden anhand der Komponenten L, a und b gemäss Hunter gemessen. In Ergänzung zu den früheren Arbeiten wurden die Joghurtproben bei einer Beleuchtungsstärke von 130 000 Lux während 300 min experimentell einer beschleunigten Alterung unterzogen. Der Test liess bei Joghurt nature eine starke Lichtempfindlichkeit erkennen (Abnahme der Grün- und Gelbfärbung, möglicherweise mit dem Verlust an Riboflavin zu erklären). Dagegen erwiesen sich die Mokka-



und die Schokoladeyoghurts eher als lichtunempfindlich. Ihr Gehalt an natürlichen Antioxidantien und ihre ziemlich starke Pigmentierung üben eine Schutzwirkung aus. Die Yoghurts mit Erdbeer- und mit Vanillearoma (letztere nur in diesem Teil der Arbeit verwendet) nehmen hinsichtlich Lichtempfindlichkeit eine Zwischenstellung ein. Bei Erdbeeryoghurt führte eine gewisse Inhomogenität zu Messproblemen, so dass keine genauen Schlussfolgerungen möglich sind. Gesamthaft bestätigen aber die hier erhaltenen Resultate wiederum die starke Schutzwirkung der braun eingefärbten Gläser im Gegensatz zu den transparenten, ungefärbten Polystyrolbechern. Dies gilt vor allem für die Lagen des Füllgutes, die mit der Packung direkt in Berührung kommen und beim Kauf als Qualitätsmerkmal für das Aussehen des Produktes entscheidend sind.

### *Summary*

The purpose of this analysis is to study the acidification and the development of colour, measured according to the 3 parameters L, a, b of Hunter in plain, strawberry, mocca and chocolate yoghurts which are held in storage under different conditions (21 days at 0 and 2000 lux). As a complementary test to others of the same type, is used an accelerated system of ageing of a 300 min period of lighting under 130 000 lux. It shows the very large photosensitivity of plain natural yoghurt (a diminution of the "green and yellow coordinates") which could explain its loss of riboflavine. On the other hand, it reveals the almost total insensitivity of mocca and chocolate yoghurts which are shielded by their relatively high content of natural anti-oxidizing elements and by their relatively pronounced coloring. Strawberry and vanilla yoghurts (the exclusive goal of this study) can be considered as intermediate cases from the point of view of photosensitivity. We cannot draw any definitive/precise conclusions from a study of the strawberry flavour because of metrological difficulties associated with their lack of homogeneity. Once again, most of the results show the importance of brown glass jar compared to transparent colourless polystyrene packing in the whole question of effective protection, and this especially for the layers of the product in direct contact with the material used in packaging. The packing really influences the look of the product on sale and can be a proof of quality.

### *Bibliographie*

1. *Bosset, J. O. et Gauch, R.*: Effet protecteur de l'emballage contre la photo-oxydation. I. Etude par GC-MS de quelques composés carbonylés et du méthional dans divers yoghourts en cours de stockage. *Trav. chim. aliment. hyg.* **79**, 165–174 (1988).
2. *Dieffenbacher, A. et Trisconi, M.-J.*: Effet protecteur de l'emballage contre la photo-oxydation. II. Etude de l'indice de peroxydes et de la période d'induction de l'oxydation de la graisse libre dans divers yoghourts en cours de stockage. *Trav. chim. aliment. hyg.* **79**, 371–377 (1988).
3. *Tagliaferri, E.*: Effet protecteur de l'emballage contre la photo-oxydation. IV. Etude de la stabilité des vitamines A et B<sub>2</sub> dans divers yoghourts en cours de stockage. *Trav. chim. aliment. hyg.* **80**, fasc. 1/1989 (en préparation).
4. *Daget, Nicole*: Effet protecteur de l'emballage contre la photo-oxydation. V. Etude sensorielle de divers yoghourts en cours de stockage. *Trav. chim. aliment. hyg.* **80**, fasc. 1/1989 (en préparation).



5. Anonyme: Article de synthèse (en préparation).
6. Desarzens, C., Bosset, J. O. et Blanc, B.: La photodégradation du lait et des produits laitiers. I. Altérations de la couleur, du goût et de la teneur en vitamines. *Lebensm.-Wiss.-Technol.* **17**, 241–247 (1983).
7. Bosset, J. O., Desarzens, C. et Blanc, B.: La photodégradation du lait et des produits laitiers. II. Influence de certains facteurs chimiques et chimico-physiques sur l'altération de la seule couleur. *Lebensm.-Wiss.-Technol.* **17**, 248–253 (1983).
8. Bosset, J. O. et Misteli, K.: Nouvelle cellule destinée à la détermination par photométrie de réflexion de la couleur d'échantillons opaques liquides, pâteux ou pulvérulents. *Trav. chim. aliment. hyg.* **69**, 109–115 (1978).
9. Bosset, J. O., Daget, N., Desarzens, C., Dieffenbacher, A., Flückiger, E., Lavanchy, P., Nick, B., Pauchard, J.-P. et Tagliaferri, E.: Influence de la translucidité et de la perméabilité aux gaz de différents matériaux d'emballage sur la qualité du yoghourt nature en cours de stockage. *Lebensm.-Wiss.-Technol.* **19**, 104–116 (1986).
10. Bosset, J. O., Gauch, R. et Bucher, R.: Application d'une électrode sensible à la pression partielle de l'oxygène au dosage in situ de ce composant dans quelques produits laitiers fermentés. *Le Lait* **67**, 487–506 (1987).
11. Desarzens, C. et Schaeffer, J.: Mesure de la perméabilité de matériaux d'emballage. Valeurs non publiées (rapport interne).
12. Korycka-Dahl, M. and Richardson, T.: Photogeneration of superoxide anion in serum of bovine milk and in model systems containing riboflavin and amino acids. *J. Dairy Sci.* **61**, 400–407 (1978).
13. Korycka-Dahl, M. and Richardson, T.: Photogeneration of superoxide anion upon illumination of bovine milk serum proteins with fluorescent light in the presence of riboflavin. *J. Dairy Sci.* **62**, 183–188 (1979).
14. Korycka-Dahl, M. and Richardson, T.: Initiation of oxidative changes in foods. *J. Dairy Sci.* **63**, 1181–1198 (1980).
15. Emerit, J., Fechner, J., Galli, A., Clavel, J.-P. et Congy, F.: Les radicaux libres dérivés de l'oxygène et de la peroxydation lipidique. Rôle en biologie cellulaire et en physiopathologie. *Presse médicale* **15**, 751–754 (1986).
16. Guillot, B. et Despages, G.: Les radicaux libres à la racine des pathologies. *De Natura Rerum* **2**, 52–57 (1988).
17. Bosset, J. O. et Gauch, R.: Application d'une électrode sensible à la pression partielle du dioxyde de carbone au dosage in situ de ce composant dans quelques produits laitiers fermentés. *Le Lait* **67**, 487–506 (1987).

C. Desarzens

Centre d'enseignement secondaire supérieur  
de l'Est vaudois (CESSEV)

CH-1814 La Tour-de-Peilz