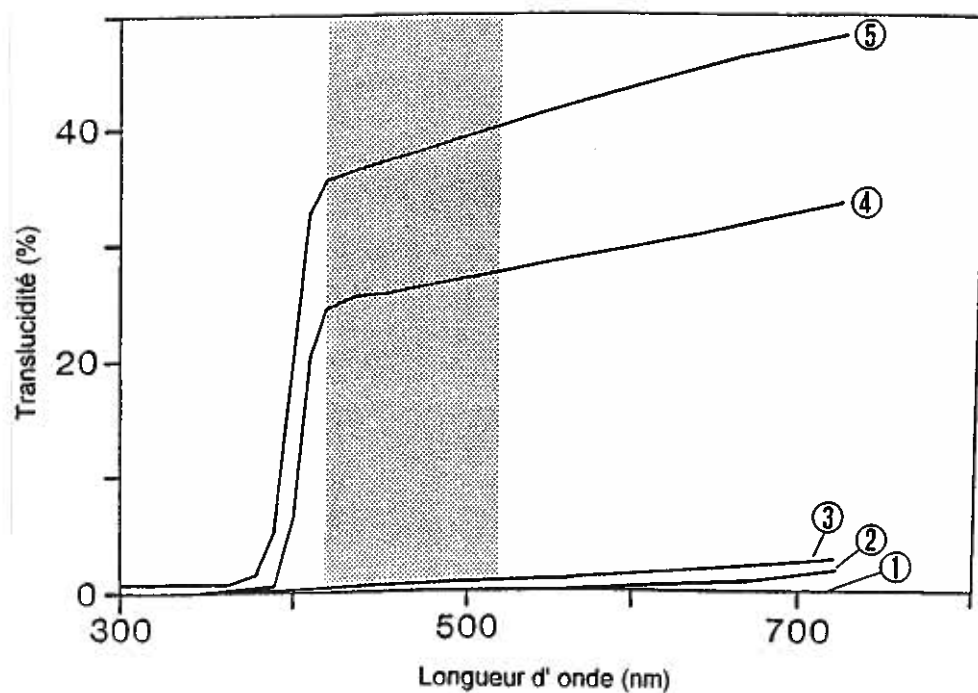


Mai 1993 / 259 P/W

Station de recherches laitières
CH-3097 Liebefeld-Berne

Photosensibilité et photoprotection du lait et des produits laitiers

J.O. Bosset, P.U. Gallmann,
R. Sieber



Translucidité de divers emballages utilisés pour le lait pasteurisé

Laitier Romand 119, 1-2 (14)(1993)

Il faut prendre en considération la photosensibilité du lait et des produits laitiers pour choisir leur emballage. La lumière peut altérer leur composition, leurs caractéristiques et leurs propriétés. Les facteurs "intrinsèques" (par ex. les composants des produits laitiers) sont généralement donnés et ne peuvent guère être modifiés sans dénaturer le produit. Il est en revanche possible de jouer sur les facteurs "extrinsèques" (par ex. les facteurs protecteurs) pour minimiser l'influence de la lumière sur les produits alimentaires.

L'alternance de la lumière et de l'obscurité appartient à la création même de notre monde. Aussi les denrées alimentaires entrent-elles en contact avec la lumière entre le producteur et le consommateur. Parmi celles-ci, le lait et les produits laitiers sont particulièrement exposés, surtout en présence d'oxygène. En raison de la synergie des effets de la lumière et de ce gaz, même des traces de ce dernier suffisent pour occasionner des défauts de goût et d'odeur. Cette situation a notamment pour origine les causes suivantes:

- des durées d'exposition et de stockage assez longues (par ex. plusieurs mois pour les fromages à pâte dure);
- un rapport surface/volume assez défavorable pour certains produits laitiers (par ex. fromages préemballés râpés ou découpés en tranches, voire en lamelles);
- une teneur accrue en acides aminés libres (protéolyse des fromages) ou en composés insaturés (acides gras de la graisse de lait);
- une tendance à utiliser des emballages toujours plus minces pour des raisons d'économie ainsi que de réduction du volume et du poids des déchets (lait, produits laitiers et desserts à base de lait);
- par conséquent, une translucidité et une perméabilité accrues de la plupart des matériaux d'emballages en plastique (par ex. polystyrène, polyéthylène et polyéthylènetéréphtalate);
- une tendance à utiliser des emballages toujours plus transparents, afin de rendre le produit plus appétissant et plus naturel;
- une tendance à intensifier l'éclairage des vitrines et des présentoirs destinés à la vente, afin de rendre lesdits produits encore plus attractifs.

Maints facteurs sont à même d'accroître ou de réduire la photosensibilité du lait et des produits laitiers en général. On peut schématiquement les classer en deux grands groupes: les facteurs intrinsèques et les facteurs extrinsèques.

Facteurs intrinsèques

Les facteurs intrinsèques (Tableau 1) sont liés à la composition et aux propriétés chimiques, chimico-physiques et microbiologiques du produit. Ils sont difficiles à influencer sans dénaturer le produit. Parmi ces facteurs, on trouve sa composition générale (par exemple les teneurs en oxydants et en antioxydants naturels), la valeur de son pH et de son potentiel rédox, sa teneur en oxygène dissous, ses propriétés spectrales de réflexion, d'absorption et transmission (cf. structure) ainsi que le traitement technologique qui lui a été appliqué (homogénéisation, traitement thermique avec la formation de groupes sulfhydryles réducteurs aux températures élevées).

Composition générale du produit: De nombreux nutriments du lait prennent une part active au processus de photodégradation du lait et des produits laitiers.

Réciproquement, la lumière peut altérer maints composants et composés de ces derniers comme le montre le tableau 2 de façon synoptique mais simplifiée. Il s'agit essentiellement de pertes en vitamines, de dégradation de protéines (acides aminés) et de corps gras (acides gras insaturés) et des altérations correspondantes de la couleur et de la flaveur (goût et odeur) de ces produits.

Parmi les vitamines, la riboflavine est particulièrement sensible à la lumière de même que les vitamines A et C. La riboflavine possède plusieurs bandes d'absorption dans l'ultraviolet (UV) et dans le visible. Dans la bande d'absorption comprise entre 350 et 520 nm, c'est surtout la bande d'émission située entre 415 et 455 nm (couleur bleu-vert) qui est préjudiciable pour la riboflavine. La vitamine A et son précurseur, le β -carotène, sont également photosensibles, mais de façon différenciée en fonction du domaine de longueur d'onde considéré: le β -carotène est surtout décomposé en dessous de 465 nm, alors que la vitamine A l'est en dessous de 415 nm et beaucoup moins entre 415 et 455 nm. Une exposition du lait et des produits laitiers à la lumière peut également entraîner une diminution des concentrations en d'autres vitamines telles que l'acide folique et les vitamines B₆ et B₁₂.

Structure: La structure fine des denrées alimentaires joue un rôle important sur leur photosensibilité, car elle détermine pour une bonne part la profondeur de pénétration de la lumière dans le produit. Des produits laitiers liquides et très translucides tels que du petit-lait ou du lait maigre absorbent comparativement beaucoup plus d'énergie, et sont donc beaucoup plus exposés à une photodégradation que des produits opaques, solides ou pâteux tels que les fromages à pâte dure. Entre ces deux extrêmes se situent les produits liquides

Tableau 1. Résumé des principaux facteurs intrinsèques influençant la photo-oxydation du lait et des produits laitiers

facteurs intrinsèques (généralement donnés)		photoprotectrice	influence exercée photosensibilisatrice
COMPOSITION	teneur en composés	réducteurs / antioxydants	(pro)oxydants
	teneur en vitamines	C (acide ascorbique)	B ₂ (riboflavine)
	teneur en acides gras insaturés	- - - -	formation de peroxydes
	teneur en matière grasse	photodiffusion	degré d'insaturation
	teneur en métaux lourds	- - - -	catalyse (par ex. Cu ⁺⁺)
	teneur en O ₂ dissous	flore réductrice	synergie avec lumière
STRUCTURE	protéolyse (acides aminés libres)	- - - -	formation de méthional
	type de particules, état de surface	compacte, diffusante	translucide
	coloration propre	sombre	incolore, claire
TRAITEMENTS TECHNO- LOGIQUES	traitements thermiques:	énergiques	ménageants
	pasteurisation, traitement UHT etc.	formation de -SH (= réducteurs)	formation de -S-S- (= oxydants)
	traitements mécaniques:	?	?
	homogénéisation	?	?

Tableau 2. Résumé des principaux effets de la lumière sur le lait et les produits laitiers

GROUPE	REPRESENTANT	COMPORTEMENT / RESULTAT	
VITAMINES	vitamine A	photosensible < 415 nm	
	β -carotène	photosensible < 465 nm	
	vitamine B ₁	peu photosensible	
	vitamine B ₂	très photosensible (350 - 520 nm) + photosensibilisateur	
	vitamine B ₆	photosensible	
	vitamine B ₁₂	photosensible	
	vitamine C	très photosensible (surtout en présence de O ₂ et Cu ⁺⁺)	
	vitamine D	enrichissement	
	vitamine E	photosensible	
	vitamine K	photosensible	
PROTEINES	α -lactalbumine & β -lactoglobuline	agrégation & hydrolyse ponts peptidiques	D E
	immunoglobulines	photosensibles	F
ACIDES AMINES	méthionine	formation de méthional	A
	tryptophane	formation de kynurénine & N-formylkynurénine	U T
	cystéine + cystine	→ divers produits volatils soufrés	
	histidine	→ ?	F
	tyrosine	→ ?	L
			A
MATIERE GRASSE	acides gras insaturés	formation de peroxydes	V
COMPOSES		→ méthional, composés soufrés	E
VOLATILS		→ composés carbonylés (surtout aldéhydes)	U R
COULEUR	L (selon Hunter)	décroît (= moins brillant)	DECO
	a (selon Hunter)	croît (= moins vert)	LORA
	b (selon Hunter)	décroît (= moins jaune)	TION

à moyen et à haut pouvoir photodiffusant tels que les laits, les yoghourts et les crèmes, qui absorbent une partie de la lumière, mais qui en réfléchissent également une part importante. Le rapport entre la fraction absorbée et la fraction réfléchie dépend de nombreux paramètres au nombre desquels on peut citer la forme, la taille, le nombre, la densité, la couleur et l'indice de réfraction relatif des particules photodiffusantes constituées par les substances grasses et protéiniques.

Traitements technologiques: L'utilisation d'un procédé de fabrication ou l'établissement d'une technologie à mode opératoire normalisé doit également tenir compte de la photosensibilité spécifique du produit considéré et des conditions dans lesquelles il sera exposé à la lumière. Sa teneur notamment en composés réducteurs et en composés oxydants (système rédox) peut jouer un rôle non négligeable dans la formation de produits de photodécomposition, ce qui devrait donc être mis à profit pour accroître la photoprotection dudit produit.

De façon générale, on peut dire que les traitements thermiques (70-90 °C) et les expositions à la lumière, surtout en présence d'oxygène, ont des influences opposées. Les premiers cités augmentent nettement le pouvoir réducteur du milieu en modifiant certains équilibres existant entre les composés soufrés, alors que les seconds cités induisent des réactions d'oxydation catalysées par la riboflavine. De telles considérations doivent donc être prises en ligne de compte lors du choix de l'emballage. Les traitements mécaniques peuvent également jouer un rôle, mais sont beaucoup plus difficiles à mettre en évidence et à mesurer en raison de leur complexité. Ils interviennent notamment sur la photodiffusion (cf. structure) du produit, mais également en raison des modifications structurales qu'ils occasionnent (modification de la surface des globules gras, formation de complexes entre les protéines etc.).

Facteurs extrinsèques

Si les facteurs intrinsèques susmentionnés - à l'exception des traitements thermiques - ne permettent guère de réduire la photodégradation du lait et des produits laitiers, et par conséquent leur photoprotection, le fabricant, le grossiste, le distributeur, le détaillant et le consommateur peuvent en revanche limiter ou même réduire la photosensibilité de tels produits en jouant sur les facteurs "extrinsèques", c'est-à-dire en choisissant des conditions de production, de transport et de stockage les plus ménageantes possible et les plus adéquates pour le produit considéré. Au nombre de ces facteurs (cf. tableau 3), on peut citer principalement:

- le spectre, l'intensité et la durée de la lumière incidente,

- la translucidité de l'emballage et sa perméabilité à l'oxygène,
- la température d'entreposage du produit.

Source de lumière: La lumière solaire s'étend approximativement de 380 à 700 nm dans le spectre visible et de 200 à 380 nm dans l'UV. La lumière dans l'UV est en fait plus riche en énergie, donc théoriquement plus dangereuse quant aux processus de photodégradation qu'elle peut induire. En pratique, la quasi totalité de ce domaine spectral est intégralement absorbée par les matériaux qui constituent la lampe et l'emballage lui-même (verre, polystyrène, polyéthylène de diverses densités, polyéthylènetéréphtalate), à l'exception de quelques raies particulièrement intenses émises par la vapeur de mercure des tubes fluorescents. En définitive, c'est donc le début du spectre d'émission dans le visible (de 360 à 520 nm environ) qui peut faire problème, surtout en présence de riboflavine.

Le spectre d'émission de la lumière dite du jour ou naturelle étant très vaste, homogène et riche en hautes énergies, tant dans le visible que dans l'ultraviolet, toute exposition directe au soleil, même de quelques minutes, doit être évitée. La situation est en revanche beaucoup moins critique en présence de tubes fluorescents (lumière dite artificielle), moins riches en énergie. Les tubes fluorescents émettant une lumière polychromatique (blanche) peuvent être groupés en 2 classes:

- ceux dits d'un blanc "froid", relativement riches en toutes les composantes colorées du visible;
- ceux dits d'un blanc "chaud", riches en composantes jaune, orange et rouge, mais assez pauvres en composantes violette, bleue et verte, donc moins riches en énergie.

En raison même de leur spectre d'émission assez riche en énergie, l'utilisation des tubes fluorescents d'un blanc "froid" est donc déconseillée pour l'éclairage des entrepôts, des vitrines et des présentoirs de denrées alimentaires photosensibles comme le lait et les produits laitiers. Pour ces diverses raisons, il faut choisir pour l'entreposage une source de lumière aussi pauvre que possible en composantes bleu-vert (350-550 nm), afin de prévenir ou de limiter toute émission dans le domaine spectral où se situe la troisième bande d'absorption de la riboflavine. Aussi les tubes fluorescents du type "blanc chaud", à dominante jaune-rouge, doivent-ils être préférés à ceux du type "blanc froid", à dominante bleu-vert.

Tableau 3. Résumé des principaux facteurs extrinsèques influençant la photo-oxydation du lait et des produits laitiers

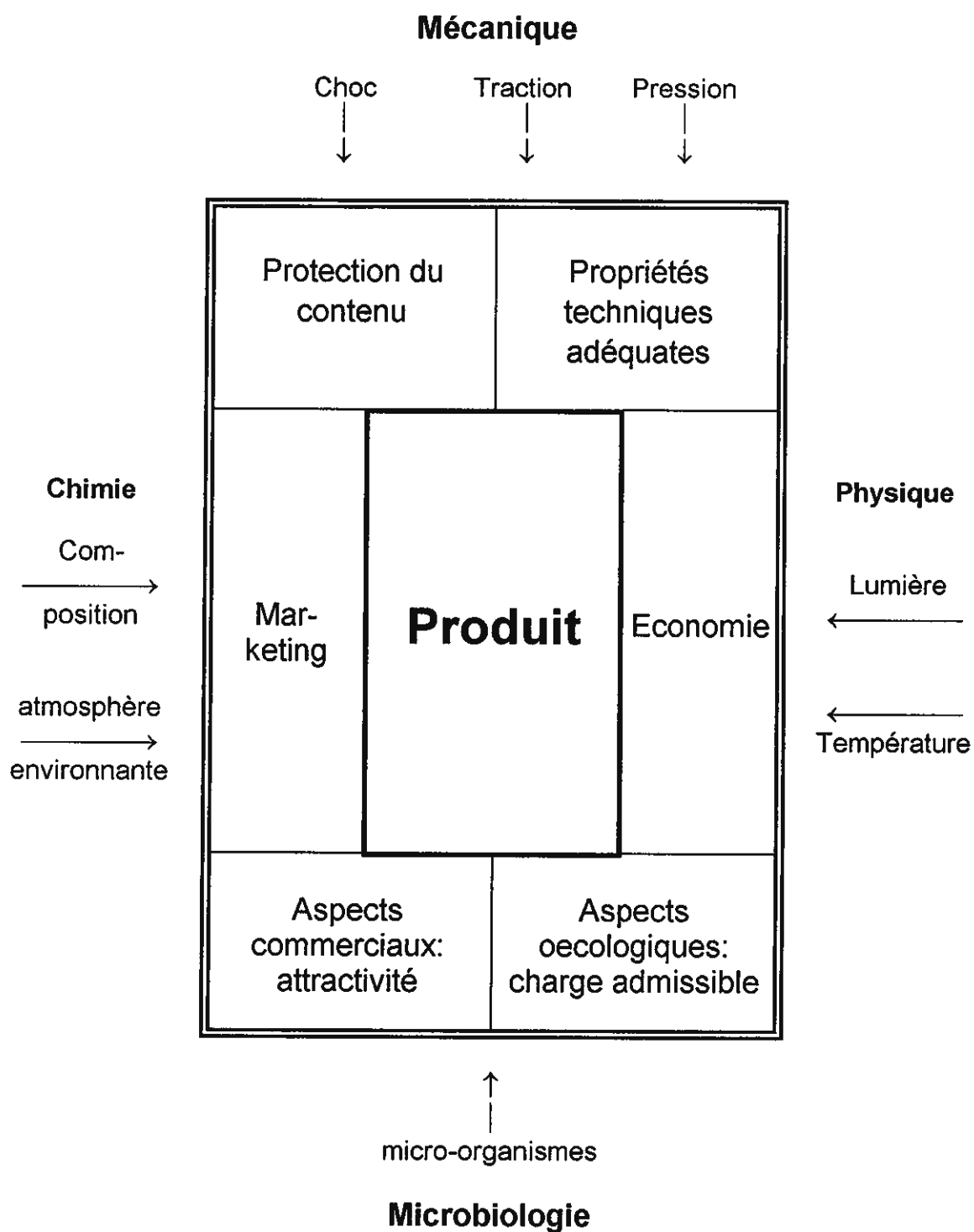
facteurs extrinsèques (à considérer)		photoprotectrice	influence exercée photosensibilisatrice
SOURCE	spectre UV ($\lambda < 350$ nm)	"cut-off" (matériau)	- - - -
	source: lumière solaire	- - - -	hautes énergies disponibles
	source: lumière artificielle	"blanc chaud"	"blanc froid"
	éclairement (= intensité)	faible	puissant
	durée exposition lumière	brève	prolongée
GEOMETRIE	éloignement de la source	grand	faible
	présentation, disposition des produits	empilement	dispersion
	moyens auxiliaires éventuels	harasses, paniers	- - - -
EMBALLAGE	translucidité du matériau:	faible / nulle	grande
	- par coloration	brun-rouge	bleu-vert
	- par pigmentation	turbidité / photodiffusion	transparence
	épaisseur du matériau	forte	(ultra)fine
	perméabilité à l'oxygène	faible / nulle	forte
STOCKAGE	température: effet sur:		
	- la solubilité de O ₂	ambiante	basse
	- l'énergie d'activation	basse	ambiante
	durée (date péremption)	brève	prolongée

En outre, il faut éviter tout éclairage inutilement intense. Dans les vitrines et les présentoirs, le lait et les produits laitiers sont généralement exposés à des éclairages de l'ordre de 400 lx à 4000 lx (2000 lx en moyenne). Afin de limiter l'éclairage, on prendra toutes les mesures préventives possibles telles qu'éloignement des produits laitiers de la source de lumière (l'énergie absorbée diminue avec le carré de la distance), disposition et orientation judicieuses de ces derniers par rapport à ladite source (par ex. empilement), utilisation de chicanes ou de barrières optiques (par ex. emploi de harasses, corbeilles). Enfin la durée de l'exposition doit être limitée au strict minimum nécessaire, en stockant le lait et les produits laitiers à l'obscurité puis dans des vitrines et des présentoirs munis de minuteries.

Matériau d'emballage: L'emballage a diverses fonctions à remplir. L'une d'elles est de protéger le contenu de toute dégradation chimique, chimico-physique, microbiologique et mécanique (fig. 1). L'emballage sert également de contenant pour le produit ainsi que de support pour sa désignation, voire pour sa promotion commerciale. Parmi ces diverses fonctions, celle de protection des denrées alimentaires contre les effets de la lumière pendant le stockage et le transport est certainement l'une des principales. Des matériaux opaques ou très fortement photodiffusants constituent en principe des matériaux de choix pour l'emballage puisqu'ils limitent fortement la translucidité, c.-à-d. la transmission de la lumière incidente. De tels matériaux présentent cependant le double inconvénient de ne pas laisser "visible" le contenu (d'où une diminution de son caractère attractif pour le consommateur) et de représenter souvent des coûts de production sensiblement plus élevés (par ex. doublage par une feuille d'aluminium pour les laits UHT, béccher "K3" pour les yoghourts). Si une certaine transparence est souhaitée, on donnera alors la préférence à un emballage teinté ou pigmenté brun-rouge (couleur complémentaire du bleu-vert) afin de limiter autant que possible l'absorption de lumière par la riboflavine qui agit comme photosensibilisateur.

Pour choisir en définitive le matériau le plus adéquat, on tiendra compte encore d'autres éléments d'appréciation tels que ses propriétés de transformation, ses propriétés mécaniques et fonctionnelles ainsi que la charge qu'il représente pour l'environnement (obtention, recyclage, récupération ou élimination) comme l'indique schématiquement la figure 1. A cette fin, il est nécessaire d'évaluer avec soin et rigueur et en connaissance de cause les véritables risques encourus par le produit

Figure 1. Interdépendance du couple contenant (emballage) et contenu: profils des exigences posées et des influences subies



en fonction également des conditions de distribution jusqu'au consommateur, sans surestimer toutefois lesdits besoins de photoprotection. Lorsque plusieurs facteurs, parfois opposés, entrent en ligne de compte, ce sont en général des tests pratiques

en temps réel, ou éventuellement en accéléré, qui donnent les meilleurs résultats et les meilleures réponses quant à la protection minimale à garantir. Les essais entrepris avec divers yoghourts ont par exemple montré que les résultats obtenus avec le yoghourt nature ne sont pas directement transposables à d'autres sortes telles que fraise et surtout mocca et chocolat, qui se sont révélées beaucoup moins sensibles à la lumière, donc moins exigeantes quant à leur photoprotection.

Au lieu de teinter un emballage en brun-rouge, on peut aussi le munir d'une barrière à la lumière. Une telle solution a été adoptée en Suisse lors de l'introduction du lait pasteurisé en sachets en plastique souples réalisés avec un matériau composite incluant un film interne opaque. Ces sachets présentaient un défaut majeur: Eberhard et Gallmann ont en effet mis en évidence des pertes significatives en vitamines C et B₂ ainsi que l'apparition de défauts organoleptiques marqués dus à une insuffisance du pouvoir protecteur de ce type d'emballage (cf. leur publication en 1991 dans ce journal, no 26, p.3).

Température: La température influence la vitesse des réactions chimiques. C'est pourquoi, elle devrait être maintenue pendant le stockage aussi basse que possible pour limiter les énergies et les cinétiques de photodécomposition. Une telle condition améliore pourtant la solubilité de l'oxygène dans le produit à protéger des effets de la lumière. Dans la mesure du possible, on compensera ce facteur négatif en choisissant un emballage peu perméable à l'oxygène. On tiendra compte enfin d'une éventuelle élévation de la température due à la conversion de l'énergie lumineuse en énergie thermique par des emballages de teinte foncée. Cette situation peut précisément se rencontrer lors de l'exposition à la lumière solaire d'emballages en verre brun.

Conclusions

S'il n'est guère possible de réduire directement la photosensibilité du lait et des produits laitiers sans les dénaturer, il est en revanche possible de prendre un certain nombre de mesures préventives simples et concrètes pour les protéger des effets négatifs de la lumière et de préserver ainsi toute leur valeur nutritive et leurs propriétés hédoniques. De telles mesures relèvent surtout d'un choix judicieux de l'emballage ainsi que des conditions générales du stockage.

NB. Ce thème est traité de façon beaucoup plus approfondie et complète dans un travail intitulé "Influence de la translucidité de l'emballage sur la conservation du lait et des produits laitiers - un article de revue", disponible sous la forme d'une plaquette FAM-Info.