LE LAIT

REVUE GÉNÉRALE DES QUESTIONS LAITIÈRES

SOMMAIRE

MÉMOIRES ORIGINAUX :

R. KARLIN. — Les vitamines dans les fromages (à suivre) 241

M. SWIRSKI, R. ALLOUF et H. CHEFTEL. — Contribution à l'étude de l'action de la chaleur sur les caséines (à suivre) 260

C. STOIAN et G. UNGUREANU. — Le gonflement butyrique du fromage « Cash-caval de Dobroudja » 267

SUPPLÉMENT TECHNIQUE :

G. GÉNIN. — L'insolubilisation de la caséine par l'amidon dialdéhydrique 274

BIBLIOGRAPHIE ANALYTIQUE :

1^o Les livres 292

2^o Journaux, Revues, Sociétés savantes 301

3^o Brevets 344

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE :

1^o Les livres 351

2^o Journaux, Revues, Sociétés savantes 352

3^o Brevets 357

DOCUMENTS ET INFORMATIONS :

G. GANDON. — La situation laitière 360

Races bovines et amélioration du cheptel 364

Statistiques laitières danoises pour 1960 365

La race alpestre d'Hérens . . 365

Nouvelles de Grande-Bretagne 366

Exposition de la technique de la Laiterie. Londres, 1963 366

Bottin Europe 1961 367

Annuaire du Froid 368

MÉMOIRES ORIGINAUX (1)

LES VITAMINES DANS LES FROMAGES (2)

par

R. KARLIN

Chargée de recherches au C.N.R.S., Institut Pasteur de Lyon

INTRODUCTION

Les fromages occupent actuellement une place très importante dans l'alimentation humaine.

D'après les statistiques de la F.A.O. (Food and Agriculture Organisation), la production fromagère mondiale a augmenté depuis

(1) Reproduction interdite sans indication de source.

(2) *Annales de la Nutrition et de l'Alimentation*, XIV, n° 4, 103, 1960.

l'avant-guerre de 70 p. 100 (1). Cette augmentation concerne la plupart des pays.

Le Français, qui occupe comme consommateur de fromage le troisième rang (après le Norvégien avec 8,9 kg et le Suisse avec 8,5 kg), en absorbe 8 kg par an.

Ces quelques chiffres montrent d'une façon éloquente l'intérêt primordial du fromage dans la nutrition de l'homme.

Or, si les données sur la composition générale des divers fromages sont nombreuses, les renseignements sur la richesse en vitamines sont assez fragmentaires.

Afin de savoir comment ces produits peuvent contribuer à équilibrer l'apport alimentaire en vitamines, il nous a paru intéressant de faire une revue d'ensemble de nos connaissances sur la teneur des fromages en différentes vitamines et sur leur répartition. D'autre part, nous étudierons l'évolution de la richesse vitaminique pendant la fabrication, au cours de la maturation et de la conservation.

Nous allons successivement passer en revue les vitamines liposolubles et hydrosolubles dans les fromages :

- 1° La vitamine A et les caroténoïdes ;
- 2° Les vitamines E et D ;
- 3° La vitamine C ;
- 4° La vitamine B₁ ;
- 5° La vitamine B₂ ;
- 6° La vitamine PP ;
- 7° L'acide pantothénique ;
- 8° La biotine ;
- 9° La vitamine B₆ ;
- 10° La vitamine B₁₂ ;
- 11° L'acide folique et l'acide folinique.

I

LA VITAMINE A ET LES CAROTÉNOÏDES

Les fromages fabriqués avec du lait complet constituent une source appréciable de vitamine A et de caroténoïdes. Ces fromages contiennent en effet un taux important de matières grasses qui entraînent généralement de 80 à 85 p. 100 de ces vitamines liposolubles du lait.

(1) *Bulletin mensuel d'Economie et de Statistiques agricoles de la F.A.O.*, 1959.

De ce fait, la teneur des fromages en vitamine A et caroténoïdes subit les mêmes variations saisonnières que celles du lait.

De nombreux chercheurs (DEARDEN [28], HIGUCHI [58], DAVIDOV [III]) ont constaté que c'est au printemps et en été — lorsque les animaux sont au pâturage et absorbent des aliments verts — que les fromages sont plus riches en vitamine A et carotène.

De plus, HIGUCHI et PETERSEN [58] ont montré qu'il est possible en hiver, d'augmenter de 50 p. 100 la teneur en vitamine A du lait, beurre et fromage, en ajoutant à la nourriture des aliments riches en carotène (produits d'ensilage conservés dans de bonnes conditions, herbes, etc.).

Teneur moyenne des fromages en vitamine A et caroténoïdes

On trouve peu de renseignements sur la teneur en vitamine A et caroténoïdes des fromages fabriqués en France.

D'après DECOURCELLE [IV], 100 g de fromage frais contiennent (suivant la saison et l'espèce), des quantités variant de 0,3 à 1,2 mg de vitamine A et de 0,2 à 1 mg de caroténoïdes.

Les valeurs indiquées par des auteurs français sont résumées dans le tableau I.

TABLEAU I

Nom du fromage	Vitamine A dans 100 g
Fromage blanc (1)	0,24
Camembert (2)	0,20
Brie	
Roquefort (2)	0,30
Bleu	
Port-Salut (2)	0,40
Cantal	
Hollande	
Gruyère	

(1) *L. Randoïn* et coll. (91).

(2) *L. Lalane* (VI).

Nous avons réuni dans le tableau II les valeurs en vitamine A et caroténoïdes trouvées dans différents pays.

TABLEAU II

TENEUR EN VITAMINE A ET CAROTÈNE DES FROMAGES DE DIFFÉRENTS PAYS.
(VITAMINE A ET CAROTÈNE EN MG/100 g DE PRODUIT FRAIS)

Variétés	Nom	Général		Été		Hiver		Valeurs extrêmes		Auteur
		A	Car.	A	Car.	A	Car.	A	Car.	
Blancs	Frais	0,11						0,06-0,18		GARNIER [V]
								0,00-0,08		COSTAVASSILIS [19]
	Cream-cheese							0,45-1,26		HATHAWAY [55]
	Bryndza ...	0,13	0,03					0,05-0,19	0,01-0,07	ORAVCOVA [84]
À pâte molle et croûte moisie	Pickled							0,39-1,02		SABRY [99]
	Camembert ..	1,08								HATHAWAY [55]
	—	0,22								DAVIS [26]
	« Stilton » ..			0,55		0,19				DEARDEN [28]
Avec moisissure à l'intérieur.		0,48						0,37-0,63		WESWIG [110]
	Bleu ou Type	0,75								TODHUNTER [108]
	Roquefort			0,35		0,18				DAVIDOV [III]
		1,20								HATHAWAY [55]
		0,26						0,24-0,28		HATHAWAY [55]
	Gruyère	0,08								COSTAVASSILIS [19]
		0,22								DAVIDOV [III]
	Hollande ...							0,33-0,63		HATHAWAY [55]
À pâte ferme	Emmental ..	0,22	0,12	0,26	0,17	0,18		0,13-0,33	0,03-0,22	HIGUCHI [58]
		0,25								GUERRANT [47]
		0,22								DAVIS [27]
	« Cheddar » ..	0,23	0,18	0,28	0,26	0,18	0,08	0,11-0,37	0,04-0,44	HIGUCHI [58]
				0,43		0,16				DEARDEN [28]
		1,65								CAWARD [14]
	« Cheshire » ..			0,42		0,16	0,07	0,45-0,72		HATHAWAY [58]
										DEARDEN [28]
Fromage gras		0,48	0,72					0,42-0,60	0,54-0,90	STAPP [VII]
Fromage maigre		0,03	0,04							DAVIDOV [IIII]
		0,12								

L'examen de ce tableau permet les constatations suivantes :

1° Les taux de vitamine A dans les fromages frais varient entre 0 et 0,18 mg et, dans les fromages fermentés, entre 0,16 et 0,43 mg pour 100 g de produit frais ;

2° Quel que soit le type du fromage, la teneur vitaminique est nettement plus élevée en été qu'en hiver.

D'après ORAVKOVA [84], les fromages blancs fabriqués avec du lait de brebis seraient plus riches en vitamine A et caroténoïdes que ceux préparés avec du lait de vache.

Effet des manipulations et de la maturation

D'après DAVIDOV [III], la richesse en vitamine A serait également en rapport avec la nature des microorganismes intervenant dans la maturation et qui feraient la synthèse des quantités plus ou moins importantes de cette vitamine. Mais les résultats des recherches de DAVIDOV étaient exprimés en poids frais et il paraît difficile de vérifier s'il s'agit d'une augmentation réelle ou d'une perte d'humidité.

D'ailleurs, cette augmentation n'a pas été confirmée par certains chercheurs. La plupart ne trouvent pas de changements notables du taux de vitamine A et des caroténoïdes pendant la maturation (DEARDEN et coll. [28] ; HIGUCHI et coll. [58], WESWIG [110] et SABRY et coll. [99]).

En outre, TODHUNTER [108] trouve la même quantité de vitamine (0,75 mg/100 g) dans des fromages fabriqués en même temps, mais soumis à trois traitements différents : congelés immédiatement sans maturation et après maturation avec ou sans *Penicillium roqueforti*. Cet auteur conclut que les microorganismes intervenant dans la maturation des fromages du type Roquefort ne font pas la synthèse de la vitamine A.

RANDOIN et CAUSERET [87] en étudiant l'évolution de la valeur vitaminique du Gruyère aux divers stades de sa fabrication constatent au contraire une diminution nette du taux de vitamine A (en ramenant les valeurs au poids sec) au cours de la maturation (31 p. 100 de pertes en un mois et 59 p. 100 après cinq mois).

Effet de la conservation

SABRY et GUERRANT [99] ont trouvé, en faisant des essais de conservation sur des fromages blancs « Pickled » (consommés par la classe pauvre en Egypte), des pertes considérables en vita-

mine A pendant la maturation aérobie et aucun changement pendant la maturation et conservation anaérobies.

D'après DAVIDOV [III], une conservation prolongée des fromages — dix-huit mois — se traduit par des pertes en vitamine A variant entre 39 et 43 p. 100.

II

LES VITAMINES E ET D

A. — Vitamine E

EVANS et BISHOP [36] ont montré les premiers, l'existence dans la nourriture, d'un facteur liposoluble — autre que la vitamine A — indispensable à la reproduction du rat. Ce facteur de fertilité a été appelé vitamine E ou tocophérol.

La vitamine E est largement répandue dans la nature. On la trouve en abondance dans les plantes vertes, dans les germes de blé, dans les huiles végétales et en petite quantité dans les tissus animaux (foie), dans les œufs et le beurre.

On trouve peu de renseignements dans la littérature sur la teneur des fromages en vitamine E.

EMERY et ENGEL [34] indiquent — dans leur travail sur la teneur des aliments en tocophérol — que les fromages avec 10 p. 100 et 20 p. 100 de matières grasses en contiennent respectivement 0,3 mg et 0,6 mg pour 100 g. Seuls DAVIDOV et coll. [111] apportent des données plus complètes sur ce sujet dans leur ouvrage « Les vitamines principales dans le lait et les produits laitiers ».

Les auteurs ont déterminé le taux de vitamine E dans différents types de fromages fabriqués en U.R.S.S.

Les résultats sont réunis dans le tableau III.

TABLEAU III

Nom du fromage	Vitamine E en mg/kg de produit frais	
	Moyenne	Valeurs extrêmes
Gruyère type Suisse	3,57	2,82-4,00
Gruyère type Russe	2,35	2,33-2,37
Fromage type Hollande	3,14	3,01-3,40
Fromage type Roquefort	6,50	
Fromages Russes « Varoslavski »	3,19	
Fromages Russes « Kostromski »	3,39	

DAVIDOV et coll. [111] ont étudié les variations du taux de vitamine E pendant la maturation et en fonction de différents facteurs (la saison, le régime alimentaire, la région, etc.).

Ils ont fait les constatations suivantes :

1° *La quantité* de vitamine E passant du lait dans le fromage ne dépasse pas 30 p. 100 ;

2° *Le processus de maturation* ne modifie pratiquement pas la teneur en vitamine E des fromages. C'est seulement dans les fromages bleu, de type Roquefort, qu'ils trouvent une légère augmentation du taux vitaminique : 4,9 mg/kg après un mois et 7 mg/kg après trois mois, augmentation probablement due à une synthèse par les moisissures ;

3° *Les saisons et la région* ne semblent avoir aucun effet. Les auteurs ne trouvent pas de différences sensibles entre les fromages fabriqués avec des laits d'été ou des laits d'hiver, ni entre ceux fabriqués dans différentes régions de l'U.R.S.S. ;

4° *L'enrichissement de la ration alimentaire* en vitamine E (fourrages naturels plus riches, foin de trèfle, carottes, germe de blé ou comprimés de vitamine E) permet une augmentation notable de la teneur en vitamine E des fromages fabriqués avec du lait de vache (27 à 31 p. 100).

B. — Vitamine D

Nous n'avons pas trouvé de renseignements précis sur la teneur des fromages en vitamine D. DECOURCELLE [IV] cite, dans sa thèse, un travail américain de AYKROYD (sans indication bibliographique précise), d'après lequel la teneur des « Cheddar » en vitamine D serait de 1,25 à 2,5 μg pour 100 g.

Pour LALANE [VI], les fromages frais français contiendraient environ 1 μg pour 100 g.

D'après les renseignements trouvés par DECOURCELLE [IV], les besoins journaliers d'un enfant (MOUQUIN [VII] seraient de 10 μg et ceux d'un adulte de 3 μg , de sorte que 100 g de fromage français pourraient fournir 10 p. 100 des quantités nécessaires à l'enfant et 30 p. 100 des besoins en vitamine D de l'adulte.

III

LA VITAMINE C

On sait que le lait ne contient que des quantités relativement faibles d'acide ascorbique, allant de 0 à 25 mg par litre. Le taux moyen serait de 20 mg/litre, d'après RANDOIN [89].

En outre, cette vitamine est très instable et facilement détruite par oxydation. C'est pourquoi les fromages sont généralement pauvres en vitamine C.

RANDOIN a montré, dans une étude sur la teneur en vitamine C de différents fromages fabriqués en France, que ce sont les fromages frais et les fromages de chèvre qui sont les plus riches.

Les résultats de ce travail sont résumés dans le tableau IV.

TABLEAU IV
TENEUR DES FROMAGES EN VITAMINES C (89)

		Vitamine C en mg/100 g de produit frais
Fromages frais	Fromage blanc	1,75-2,15
	Petit-Suisse, demi-sel	0,02-0,60
Fromages à pâte molle	Brie et Camembert	0,40
	Livarot	0,02
	Maroilles	0,31
	Pont-l'Evêque	0,50
	Munster	0,85
Fromages à pâte demi-dure ...	Reblochon	0,88
	Saint-Nectaire	0,57
	Edam, Cantal, Roquefort .	0,00
Fromages à pâte dure et fondue .	Gruyère	0,00
	Crème de Gruyère	0,00
Fromages de chèvres		1,19-1,26

GARNIER [V] trouve, dans les fromages blancs fabriqués en Syrie et au Liban, des taux très variables de vitamine C. Il indique des valeurs allant de 0,14 à 1,22 mg. C'est dans les fromages fabriqués avec du lait de chèvre que la teneur en vitamine C est la plus élevée, avec un taux moyen de 0,54 mg pour 100 g contre 0,52 mg pour 100 g dans ceux fabriqués avec du lait de brebis, et 0,39 dans les fromages préparés avec du lait de vache.

D'après COSTAVASSILIS [19], les fromages blancs fabriqués en Grèce ne renferment que des traces de vitamine C.

Effet des manipulations et de la maturation.

La teneur en vitamine C des fromages fermentés est, d'après RANDOIN [89], très variable. Les pertes en acide ascorbique seraient en rapport avec la nature des microorganismes intervenant dans la maturation des fromages.

DEARDEN et coll. [28] constatent que 70 à 80 p. 100 de l'acide ascorbique passe dans le petit-lait au cours de la fabrication des fromages « Cheddar », « Cheshire » et « Stilton ». Il reste environ 10 p. 100 dans le caillé, mais, dans les échantillons de ces trois fromages prélevés après six semaines de maturation, on ne retrouve plus de traces de vitamine C.

RANDOIN et CAUSERET [86] font des constatations analogues pendant la fabrication et au cours de la maturation du Gruyère.

Les pertes de vitamine C sont de :

- 5 à 20 p. 100 à la fin du brassage (dans le caillé) ;
- 94 p. 100 au bout de un mois ;
- 100 p. 100 après une conservation de cinq mois.

Les auteurs trouvent dans les fromages de un mois, 0,5 mg de vitamines dans 100 g de pâte et 0,8 mg dans 100 g de croûte (produit sec).

DAVIDOV montre également que, pendant la fabrication des fromages en U.R.S.S., presque la totalité de l'acide ascorbique passe dans le petit-lait. Les fromages fraîchement préparés contiennent 3,9 p. 100 de la vitamine C du lait mis en fabrication avec un taux moyen de 0,29 mg pour 100 g, mais après maturation, on ne trouve plus que 0,14 mg pour 100 g, c'est-à-dire seulement 1,9 p. 100.

En conclusion, il faut considérer les fromages comme une source assez pauvre en vitamine C.

IV

LA VITAMINE B₁

Les fromages sont généralement considérés comme des produits pauvres en thiamine.

DEARDEN et coll. [28] ont montré qu'une grande partie de la vitamine B₁ (85 à 91 p. 100) passe dans le petit-lait ; le caillé retient seulement 9 à 15 p. 100 de la vitamine B₁ du lait.

Malgré cela, on a constaté dans de nombreux pays que certains fromages sont nettement plus riches en thiamine que le

lait (qui contient seulement 0,4 à 0,5 mg/litre) et que la teneur vitaminique varie souvent selon le mode de fabrication et de fermentation.

Taux de vitamine B₁ dans les fromages

Les taux de vitamine B₁ trouvés dans différents pays sont rassemblés dans le tableau V.

TABLEAU V
TENEUR DES FROMAGES EN VITAMINE B₁ DANS DIFFÉRENTS PAYS

Pays	Auteur	Variété du fromage	B ₁ en mg dans 100 g de produit frais
Egypte	SABRY [99]	Fromage frais	30-40
Syrie et Liban .	GARNIER [V]	Fromage à pâte molle	12-69
		Fromage à pâte ferme	19-64
Grèce et Corse ..	COSTAVASSILIS [19]	Fromage blanc et mi-ferme	90-105
		Fromage dur (type Gruyère)	86
Italie	MONZINI [77]	Fromage après coagulation acide	17
		Fromage fermenté à pâte crue	24-68
		Fromage à pâte semi-cuite, cuite	21-26
U.S.A.	BURKHOLDER [10]	Type Brie, Camembert	50-60
		« Limburger », « Liederkrantz »	50-80
		« Stilton » (bleu)	70-80
	DEARDEN [28]	« Cheddar », « Cheshire »	43-57
Suisse	RITTER [96]	Fromage à la crème	24
		Béomont, Reblochon, Roquefort	50-60
		« Limburger », Brie, Camembert	60-90
U.R.S.S.	DAVIDOV [25]	Type Hollande et Gruyère	67-112
		Fromages russes	67-149
	ASKALONOV [4]	Fromages blancs préparés avec <i>Bacterium acidophilum</i> et des levures sélectionnées	350-700
Allemagne	STEPP et coll. [VIII]	Fromages maigres et gras	30-50

L'examen de ce tableau montre que les fromages consommés frais et les fromages à pâte ferme, cuite ou semi-cuite, sont moins riches en vitamine B₁ que les fromages à pâte crue et fermentée.

En moyenne, on trouve dans la majorité des fromages, de 40 à 60 µg de B₁ pour 100 g de produit frais. Mais, depuis quelques années, on fabrique en U.R.S.S. des fromages blancs fermentés avec *B. acidophilus* et les levures sélectionnées (*S. cerevisiae*) qui contiennent 7 à 14 fois plus de thiamine.

Effet du chauffage et de la pasteurisation

MONZINI et coll. [77] ont constaté que la pasteurisation et en général le chauffage du lait, ont un effet négatif sur la teneur des fromages en thiamine. EVANS et coll. [37], TEPLY et coll. [107] remarquent également que les fromages fabriqués avec du lait pasteurisé sont nettement plus pauvres en B₁ que ceux fabriqués avec des laits non traités.

Teneur en vitamine B₁ du milieu et de la croûte

BURKHOLDER et coll. [10] ont montré les premiers que la richesse des fromages en certaines vitamines du groupe B est en rapport avec la synthèse vitaminique par les microorganismes intervenant dans la maturation (*ferments lactiques, levures ou moisissures*). Ils trouvent, tout particulièrement dans les fromages à pâte molle et croûte moisie, plus de vitamine B₁ dans la croûte que dans le milieu. Ainsi, dans les fromages du type Brie, Camembert, dans le « Limburger » et « Liederkrantz », les taux trouvés dans le milieu varient entre 50 et 80 µg/100 g, tandis que ceux de la croûte vont de 300 à 600 µg/100 g ; RITTER [96] fait des constatations analogues et trouve dans la croûte de certains fromages jusqu'à 500 µg de vitamine B₁ pour 100 g de produit frais.

Maturation et conservation

MONZINI et coll. [77] ont étudié les variations de la teneur en vitamines B₁ et B₂ dans différents types de fromages au cours de la maturation. Le graphique 1 illustre les variations du taux vitaminique dans un fromage du type « Gorgonzola ».

Les A. constatent, pendant la première période, une augmentation du taux de B₁ qui serait due à la fois à la synthèse par les ferments lactiques et par les moisissures intervenant dans la maturation. Ils confirment ce fait par des cultures pures de ces

microorganismes (*Th. bulgaricum* et *St. thermophilus* sans et avec *Penicillium Weidemannii*) sur lait stérilisé, où ils trouvent une importante synthèse vitaminique (voir graphiques 2 et 3).

Graphique 1. — Variations de la teneur en B₁ et B₂ du fromage de type « Gorgonzola » [77]

Cependant les recherches de BROCHU et coll. [1] ont prouvé que les bactéries lactiques consomment au cours des premières heures — pendant la phase logarithmique de la croissance — des quantités notables de B₁. Elles exigent, en général, la thiamine pendant leurs multiplications rapides et absorbent en une semaine environ 27 p. 100 de la vitamine B₁ initiale du lait. Il semble toutefois d'après ces chercheurs que le *Th. bulgaricum* et le *St. lactis* synthétisent la thiamine d'une façon appréciable mais seulement après 24 heures et 48 heures d'incubation.

Les travaux de KALINOWSKI [62] montrent également une synthèse de quantité importante de B₁ et B₂ par différentes souches de *Penicillium*.

Pour MONZINI [77] la teneur en thiamine augmente dans la majorité des fromages italiens ; il trouve néanmoins dans le « Gorgonzola » une légère baisse à la fin de la maturation.

DAVIDOV et coll. [25] constatent aussi une augmentation de B₁ de 2,5 fois dans certains fromages au début de la maturation. Par contre, pour d'autres chercheurs (RANDOIN et CAUSERET [87], DEARDEN [28] et EVANS [37]), la teneur en vitamine B₁ diminue

Graphique 2. — Variations de la teneur en vitamine B₁ et B₂ pendant la fermentation lactique culture de *Thermobacterium bulgaricum* et *St. thermophilus* sur lait stérilisé [77]

Graphique 3. — Variations de la teneur du lait en B₁ et B₂ au cours de la fermentation associée des bactéries lactiques (*Th. bulgaricum* et *St. thermophilus*) et du *Penicillium weidemannii*, inoculé le 6^e jour [77]

plus ou moins surtout après une maturation prolongée. SABRY et coll. [99] constatent même — après une maturation anaérobie des fromages « Pickled » — la disparition totale de la vitamine. En somme, au cours de la maturation, il y a soit un gain, soit une perte vitaminique, car les microorganismes peuvent à la fois faire la synthèse et utiliser la vitamine pour leurs échanges métaboliques.

GÖTTLICH et PIJANOWSKI [43] ont montré que les pertes en B_1 au cours de la préparation du fromage fondu (en partant du Edam) sont de l'ordre de 25 p. 100 en présence de 3 p. 100 de citrate de sodium ($Na_3C_6H_5O_7 \cdot 5H_2O$) et de 35 p. 100 avec 3 p. 100 de phosphate de sodium ($Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$).

Enrichissement des fromages en B_1

ASKALANOV [4] enrichit des fromages blancs en thiamine par l'adjonction aux bactéries lactiques acidophiles de levures spécialement sélectionnées. Les expériences ont démontré qu'en utilisant des cultures actives de levures, il est possible d'atteindre une teneur en B_1 de 350 à 700 μg par 100 g de produit, tandis que la teneur vitaminique de fromages blancs ordinaires ne dépasse pas 50 μg pour 100 g.

Conservation des fromages

Pour RANDOIN et CAUSERET [87] et DAVIDOV [25], on trouve, après trois ou quatre mois de conservation, une diminution nette du taux de B_1 . EVANS et coll. [37] font une constatation identique. D'après ces A., la diminution de la teneur en vitamine B_1 après douze mois de conservation varie suivant la température de conservation : à 14° C, les pertes sont de 60 à 73 p. 100, mais à 4,5° elles ne sont plus que de 43 à 52 p. 100.

V

LA VITAMINE B_2

Les fromages constituent, dans l'alimentation humaine, une source appréciable de vitamine B_2 . La richesse des fromages en riboflavine est en rapport — comme pour la vitamine B_1 — avec le mode de fabrication et de maturation. Mais la quantité de B_2 retenue par le caillé semble être plus élevée que celle de thiamine.

Rétention de la vitamine B₂ et effet du chauffage

D'après DAVIDOV et coll. [25], le caillé retient 15 à 20 p. 100 de la vitamine B₂ du lait (20 p. 100 dans les fromages du type Hollande).

Pour DEARDEN et coll. [28], la rétention varie suivant le mode de fabrication. Ils retrouvent 26 p. 100 de la riboflavine initiale du lait dans le « Cheddar » et 34 p. 100 dans le « Cheshire ».

Les travaux de IRVINE et coll. [61] sur l'effet de la pasteurisation ont montré que la rétention de B₂ n'est pratiquement pas affectée par le traitement du lait par la chaleur.

La rétention en B₂ dans les fromages « Cheddar » fabriqués avec du lait cru était de 21 p. 100 et de 22,5 p. 100 environ après pasteurisation.

Taux de vitamine B₂ dans les fromages

La teneur des fromages français en riboflavine varie, d'après RANDOIN [88], entre 0,2 et 0,5 mg pour 100 g de produit frais. Mais, pour CAILLEAU et coll. [12], la richesse en vitamine B₂ serait plus variable. Les valeurs extrêmes se situent entre 0,18 et 1,7 mg pour 100 g de fromage frais.

Les valeurs de B₂ trouvées par ces deux A. dans les fromages français sont résumées dans le tableau VI. En outre, on trouvera dans le tableau VII les taux de B₂ des fromages dans différents pays.

TABLEAU VI
TENEUR EN VITAMINE B₂ DES FROMAGES FRANÇAIS

Variété du fromage	Vitamine B ₂ pour 100 g de produit frais	
	<i>Randoin</i> [88]	<i>Cailleau</i> [12]
	En mg	
Fromage frais	0,20-0,40	0,26-0,45
Fromage à croûte moisie	0,30-0,50	0,82-0,90
Fromage à moisissure intérieure	0,23-0,40	0,72-0,78
Fromage à croûte lavée	0,19-0,40	
Fromage à pâte semi-cuite, cuite	0,20-0,40	0,24-0,60
Fromage de chèvre	0,58	0,55
Fromage de brebis		0,53

L'examen de ces tableaux montre que ce sont les fromages à croûte moisie ou avec moisissure intérieure qui sont les plus riches en vitamine B₂.

TABEAU VII
TENEUR EN VITAMINE B₂ DES FROMAGES DANS DIFFÉRENTS PAYS

Pays	Auteur	Variété du fromage	B ₂ en µg pour 100 g de produit frais
U.S.A.	BURKHOLDER [10]	Type Brie et Camembert « Limburger », « Liederkranz »	0,28-0,52 0,56-0,60
	DANIEL [24] et IR- VINE [61]	« Cream » et « Cottage »	0,19-0,30
	DANIEL [24] et MUN- SELL [80]	Cheddar	0,47-0,60
	SULLIVAN [105]	Types Suisse et Américain Type Camembert Type Roquefort	0,40-0,59 0,83 0,45
	HATHAWAY [53]	Fromages durs, demi-durs, on- ctueux et fondus	0,30-0,60
Angleterre	HOUSTON [60]	« Cheddar » et « Stilton »	0,23-0,35
	DEARDEN [28]	« Cheddar » et « Cheshire »	0,27-0,33
Italie	ANTONIANI [3]	Fromage à coagulation acide	0,092
		Fromage à pâte crue	0,11-0,25
		Fromage à pâte semi-cuite, cuite	0,11-0,17
	MONZINI [79]	Fromage à coagulation acide	0,13
		Fromage à pâte crue	0,19-0,43
		Fromage à pâte semi-cuite, cuite	0,20-0,25
U.R.S.S.	DAVIDOV [25]	Type Hollande et fromages russes	0,40-0,55
		Type Roquefort	0,52-0,70
Syrie et Liban .	GARNIER [V]	Pâte molle et pâte ferme	0,41-0,72
		Chèvre et Brebis	0,57-0,59
Grèce et Corse.	(COSTAVASSILIS [19]	Fromage à pâte molle, mi-ferme et dure	0,44-0,57
Egypte	SABRY [99]	Fromages d'Egypte	0,17-0,42
Allemagne	STEFF et KUHNAU et coll. [VIII]	Fromages gras	0,30-0,45
		Fromages maigres	0,05-0,15

Milieu et croûte. Variations au cours de la maturation

BURKHOLDER [10] a montré que, dans le fromage à croûte moisie du type Brie et Camembert, les parties superficielles sont nettement plus riches en riboflavine : 0,28 à 0,52 mg pour 100 g de milieu, contre 0,66 à 1,22 mg pour 100 g de croûte. Cet auteur a remarqué que la teneur vitaminique augmente au cours de la maturation grâce à la synthèse par les ferments lactiques, levures et surtout par les moisissures.

Graphique 4. — Variations de la teneur en vitamines B₁ et B₂ du fromage du type « Rabiola » pendant le processus de maturation [77]

CAILLEAU [12], ANTONIANI [3], MONZINI [79] et DAVIDOV [25] ont fait des constatations semblables.

MONZINI [77] a suivi les variations de la teneur en vitamines B₁ et B₂ depuis le début de la fabrication et durant le processus de maturation dans différents types de fromages italiens. Cette étude a été effectuée en fonction de diverses associations de microorganismes (*germes lactiques* et *Penicillium*) qui peuvent soit utiliser, soit faire la synthèse de quantités variables de vitamines.

Nous reproduisons deux graphiques des variations de vitamines B₁ et B₂ dans des fromages italiens typiquement lactiques (graphiques 4 et 5).

L'examen de ces graphiques montre que le taux de vitamine B_2 — à l'inverse de celui de B_1 — diminue au cours des premiers jours (probablement par suite de la consommation par les bactéries lactiques (BROCHU [1]), puis il augmente jusqu'à la fin de la maturation (quinze et vingt-cinq jours).

L'aspect de la courbe est différent quand il s'agit d'une association de ferments lactiques et de moisissures.

Graphique 5. — Variations de la teneur en vitamines B_1 et B_2 du fromage du type « Bel Paese » pendant le processus de maturation [77]

Le graphique 1 permet de constater dans les fromages du type Gorgonzola, une augmentation très importante de la teneur en riboflavine pendant la maturation, probablement due à l'activité des moisissures. KALINOWSKI [62] montre en effet dans des cultures pures de *P. candidum* et *P. camemberti*, une synthèse notable de B_2 . Au cours de la période suivante, pendant l'affinage et la conservation, on note au contraire une diminution lente de B_2 qui semble être en rapport avec l'entrée en compétition d'autres micro-organismes qui utilisent les vitamines présentes.

DAVIDOV et coll. [25] trouvent également une augmentation du taux de riboflavine après le premier et le deuxième mois de maturation dans différents fromages russes et dans des fromages du type Hollande et Roquefort. Ensuite, à partir du troisième mois de maturation, la teneur vitaminique baisse progressivement. En outre, ces A. observent que la teneur en riboflavine des fromages préparés avec des cultures pures de *Bacillus acidophilus*

augmente plus que celle des fromages préparés avec des ferments lactiques ordinaires, tandis que l'inverse se produit pour la thiamine. Ils présument que les ferments acidophiles font la synthèse de quantités notables de B_2 , mais consomment au contraire la thiamine qu'ils utilisent pour leur développement et leurs échanges métaboliques. Par contre, BROCHU et coll. [I] n'observent pas de synthèse de B_2 par *Th. acidophilus* et considèrent les bactéries lactiques surtout comme des consommateurs de riboflavine.

IRVINE et coll. [61] notent aussi une baisse du taux de vitamine B_2 au cours des premiers mois de maturation. La teneur vitaminique augmente ensuite pour atteindre à la fin d'une période de douze mois, des valeurs légèrement en excès sur les premiers taux.

La température semble jouer un rôle important. Cette augmentation de B_2 était en effet, plus prononcée dans les fromages conservés à 4,5° C que dans ceux qui étaient maintenus à 14° C environ.

D'après SABRY et coll. [99], l'augmentation est nette après une *maturation aérobie* (les taux de B_2 des fromages « Pickled » augmentent de 37,5 p. 100) ; par contre, après maturation anaérobie, la teneur en riboflavine diminue sensiblement.

Enfin, pour SULLIVAN et coll. [105] et DEARDEN et coll. [28], les variations de la teneur en B_2 pendant la maturation seraient moins marquées que pour la teneur en autres vitamines du groupe B.

RANDOIN et CAUSERET [87] observent, au contraire, au cours de la maturation du Gruyère, une diminution du taux de B_2 .

Ils constatent une perte de 20 à 35 p. 100 à la fin du brassage (effet de la lumière) et de 71 p. 100 au bout d'un mois.

Ces auteurs notent une augmentation de la teneur en riboflavine uniquement dans la croûte. Cette augmentation est probablement en rapport avec une synthèse par la microflore qui se développe à la surface des fromages.

Pertes en B_2 pendant la fabrication du fromage fondu

Les expériences de GÖTTLICH et PIJANOWSKI [43] ont montré une diminution d'environ 1/3 de B_2 initiale au cours de la fabrication du fromage fondu « Edam ». Ces pertes seraient en rapport avec une diminution de l'acidité consécutive à l'emploi de citrate ou phosphate de sodium.

Effet de la conservation

Une conservation prolongée des fromages se traduit souvent par une diminution notable du taux de riboflavine.

RANDOIN et CAUSERET [87] trouvent, après cinq mois de conservation, une perte de 73 p. 100 et DAVIDOV et coll. [25] constatent dans des fromages du type Hollande, des pertes allant de 42 à 58 p. 100.

(A suivre.)

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE L'ACTION DE LA CHALEUR SUR LES CASÉINES (1)

par

M^{me} M. SWIRSKI, R. ALLOUF et H. CHEFTEL

Laboratoire de Recherches des Etablissements J.-J. Carnaud
et Forges de Basse-Indre

INTRODUCTION

Il a été observé depuis longtemps que le chauffage modifie les propriétés des protéines. Ces modifications, qui portent notamment sur la solubilité, sur la réactivité des groupements fonctionnels, sur la forme et la taille de la molécule, ont été groupées sous le terme général de dénaturation [45] ; celle-ci consisterait essentiellement d'après LINDERSTRÖM-LANG [26] en un dépliage et réarrangement des chaînes peptidiques ayant pour effet de rendre certaines liaisons et certains groupements plus accessibles à l'action des enzymes protéolytiques.

Etant donné que la plupart des aliments protéiques sont généralement consommés après cuisson, les effets du chauffage sur les protéines ont une grande importance du point de vue de la nutrition. C'est pourquoi de nombreuses études ont porté sur l'influence du chauffage sur la valeur biologique *in vivo* et sur la digestibilité, *in vitro* d'aliments protéiques ou de protéines.

Les modifications dues au chauffage vont tantôt dans le sens

(1) Ce travail a fait l'objet d'une thèse soutenue devant l'Université de Strasbourg, par M^{me} Swirski. (*Bull. Soc. Ch. Bio.*, 1961, 43, n° 7-8, 909.)