

L'influence des procédés technologiques de fabrication de produits laitiers sur la teneur en pesticides organochlorés

par

R. VAN RENTERGHEM

*Station Laitière de l'Etat, Melle
Centre de Recherches Agronomiques de l'Etat,
Gand (Belgique)*

I. INTRODUCTION

Le problème de la présence de pesticides dans le lait et les produits laitiers est principalement celui posé par les composés organochlorés. La cause principale de pollution du lait par ces composés persistants et liposolubles est la consommation de fourrages contaminés. Les quantités de composés organochlorés que l'homme risque d'ingérer en consommant des produits laitiers, sont à vrai dire, nettement inférieures à la dose toxicologiquement admissible, mais il n'en importe pas moins de les limiter dans toute la mesure du possible.

L'approche la plus logique de ce problème consiste à éliminer les causes premières de contamination. Il reste cependant souhaitable d'étudier toutes les méthodes susceptibles de réduire la teneur en pesticides organochlorés du lait contaminé.

L'influence des procédés technologiques de préparation du lait de consommation sur la teneur en pesticides organochlorés a été étudiée au cours de recherches précédentes (Van Renterghem, 1976). L'objet de l'étude décrite ici est l'influence des procédés technologiques de fabrications de la crème, du beurre, du fromage (Gouda) et de la poudre de lait sur la teneur en pesticides organochlorés de ces produits.

II. APERÇU BIBLIOGRAPHIQUE

La possibilité de réduire la teneur en pesticides organochlorés du lait et des produits laitiers par certains procédés, d'usage normal

TABLEAU 1

Données bibliographiques relatives à l'influence de la fabrication de crème, de beurre, de fromage et de poudre de lait sur la teneur en pesticides organochlorés

Fabrication	Pesticides	Teneur en pesticides en p.p.m./matière grasse		Modification du taux de pesticides en p. 100	Références
		avant le traitement	après le traitement		
Crème	DDT	150	96	- 36,0 p. 100	Mann <i>et al.</i> , 1950
Beurre	DDT	150	125	- 16,7 p. 100	
Fromage (Cheddar)	DDT	150	122	- 18,7 p. 100	
Crème	DDT	26,47	28,89	+ 9,1 p. 100	Langlois <i>et al.</i> , 1964
Crème	γ -HCH	25,13	29,09	+ 15,8 p. 100	
Beurre	DDT	26,47	22,27	- 15,9 p. 100	
Beurre	γ -HCH	25,13	23,60	- 6,1 p. 100	
Fromage (Swiss)	DDT	20,24	22,46	+ 11,0 p. 100	
Fromage (Swiss)	γ -HCH	24,00	15,17	- 36,8 p. 100	
Lait condensé	DDT	26,00	23,05	- 11,3 p. 100	
Lait condensé	γ -HCH	25,00	26,42	+ 5,7 p. 100	
Poudre de lait Spray	DDT	26,00	9,85	- 62,1 p. 100	
Poudre de lait Spray	γ -HCH	25,00	4,38	- 82,5 p. 100	
Poudre de lait cylindres	DDT	26,00	4,30	- 83,5 p. 100	
Poudre de lait cylindres	γ -HCH	25,00	9,27	- 62,9 p. 100	
Crème	dieldrine	26,14	26,03	- 0,4 p. 100	Langlois <i>et al.</i> , 1965
Beurre	dieldrine	26,14	12,24	- 53,2 p. 100	
Lait condensé	dieldrine	19,26	11,38	- 40,9 p. 100	
Lait condensé	hépo	21,15	10,96	- 48,2 p. 100	
Poudre de lait Spray	dieldrine	19,26	8,48	- 56,0 p. 100	
Poudre de lait Spray	hépo	21,15	7,39	- 65,1 p. 100	
Poudre de lait cylindres	dieldrine	19,26	9,10	- 52,8 p. 100	
Poudre de lait cylindres	hépo	21,15	8,09	- 61,7 p. 100	

TABLEAU 1 (suite)

Fabrication	Pesticides	Teneur en pesticides en p.p.m./matière grasse		Modification du taux de pesticides en p. 100	Références
		avant le traitement	après le traitement		
Crème	dieldrine	2,20	2,37	+ 7,7 p. 100	Li <i>et al.</i> , 1970
Crème	dieldrine	2,55	2,72	+ 6,7 p. 100	
Crème	γ -HCH	0,20	0,25	+ 25 p. 100	
Crème	γ -HCH	0,13	0,13	0 p. 100	
Crème	hépo	0,15	0,15	0 p. 100	
Crème	hépo	0,12	0,13	+ 8,3 p. 100	
Crème	DDT	0,25	0,26	+ 4 p. 100	
Crème	DDT	0,17	0,17	0 p. 100	
Crème	DDE	0,24	0,25	+ 4,2 p. 100	
Crème	DDE	0,16	0,18	+ 12,5 p. 100	
Crème	DDD	0,50	0,50	0 p. 100	
Crème	DDD	0,36	0,32	- 11,1 p. 100	
Beurre	dieldrine	2,11	2,20	+ 4,3 p. 100	
Beurre	dieldrine	2,99	3,16	+ 5,7 p. 100	
Beurre	γ -HCH	0,20	0,24	+ 20 p. 100	
Beurre	γ -HCH	0,13	0,13	0 p. 100	
Beurre	hépo	0,15	0,15	0 p. 100	
Beurre	hépo	0,12	0,12	0 p. 100	
Beurre	DDT	0,25	0,21	- 16,0 p. 100	
Beurre	DDT	0,17	0,10	- 41,2 p. 100	
Beurre	DDE	0,24	0,23	- 4,2 p. 100	
Beurre	DDE	0,16	0,17	+ 6,3 p. 100	
Beurre	DDD	0,50	0,50	0 p. 100	
Beurre	DDD	0,36	0,31	- 13,9 p. 100	
Lait condensé	dieldrine	2,11	2,20	+ 4,3 p. 100	
Lait condensé	dieldrine	2,28	2,37	+ 3,9 p. 100	
Lait condensé	γ -HCH	0,09	0,09	0 p. 100	
Lait condensé	γ -HCH	0,09	0,09	0 p. 100	
Lait condensé	hépo	0,12	0,15	+ 25,0 p. 100	
Lait condensé	hépo	0,12	0,13	+ 8,3 p. 100	

TABLEAU 1 (suite)

Fabrication	Pesticides	Teneur en pesticides en p.p.m. matière grasse		Modification du taux de pesticides en p. 100	Références
		avant le traitement	après le traitement		
Lait condensé	DDT	0,17	0,20	+ 17,6 p. 100	
Lait condensé	DDT	0,17	0,17	0 p. 100	
Lait condensé	DDE	0,18	0,19	+ 5,6 p. 100	
Lait condensé	DDE	0,18	0,17	- 5,6 p. 100	
Lait condensé	DDD	0,21	0,23	+ 9,5 p. 100	
Lait condensé	DDD	0,21	0,21	0 p. 100	
Fromage (Cheddar)	dieldrine	2,20	2,55	+ 15,9 p. 100	
Fromage (Cheddar)	dieldrine	2,37	2,55	+ 7,6 p. 100	
Fromage (Cheddar)	γ -HCH	0,38	0,38	0 p. 100	
Fromage (Cheddar)	γ -HCH	0,15	0,16	+ 6,7 p. 100	
Fromage (Cheddar)	hépo	0,20	0,15	- 25,0 p. 100	
Fromage (Cheddar)	hépo	0,15	0,13	- 13,3 p. 100	
Fromage (Cheddar)	DDT	0,43	0,40	- 7,0 p. 100	
Fromage (Cheddar)	DDT	0,23	0,23	0 p. 100	
Fromage (Cheddar)	DDE	0,33	0,30	- 9,1 p. 100	
Fromage (Cheddar)	DDE	0,20	0,18	- 10,0 p. 100	
Fromage (Cheddar)	DDD	0,87	0,81	- 6,9 p. 100	
Fromage (Cheddar)	DDD	0,45	0,50	+ 11,1 p. 100	
Poudre de lait Spray	dieldrine	2,11	1,49	- 29,4 p. 100	
Poudre de lait Spray	dieldrine	2,28	1,76	- 22,8 p. 100	
Poudre de lait Spray	γ -HCH	0,09	0,06	- 33,3 p. 100	
Poudre de lait Spray	γ -HCH	0,09	0,06	- 33,3 p. 100	
Poudre de lait Spray	hépo	0,12	0,11	- 8,3 p. 100	
Poudre de lait Spray	hépo	0,12	0,11	- 8,3 p. 100	
Poudre de lait Spray	DDT	0,17	0,13	- 23,5 p. 100	
Poudre de lait Spray	DDT	0,17	0,17	0 p. 100	
Poudre de lait Spray	DDE	0,18	0,17	- 5,6 p. 100	
Poudre de lait Spray	DDE	0,18	0,18	0 p. 100	
Poudre de lait Spray	DDD	0,21	0,20	- 4,8 p. 100	
Poudre de lait Spray	DDD	0,21	0,21	0 p. 100	

ou spécialement appliqués à cette fin, a déjà retenu l'attention de plusieurs chercheurs.

La plupart de ces recherches sont restées limitées à l'application d'un seul procédé ou n'ont concerné que quelques pesticides.

Différents chercheurs ont aussi employé du lait contaminé artificiellement ou beaucoup plus fortement qu'il ne l'est habituellement. Un article précédent (Van Renterghem, 1976) a déjà mis en garde contre le risque d'aboutir à des conclusions erronées dans ce genre de recherches, où les pesticides ne sont pas incorporés au lait par la voie physiologique. Le lait employé pour les recherches décrites ici était contaminé uniquement par cette voie.

Downey (1972), Blanc et Rüst (1972) ont publié d'excellentes études bibliographiques de ce problème. Les plus importantes données bibliographiques relatives à l'influence des procédés précités sur la teneur en pesticides organochlorés sont rassemblées dans le tableau 1. L'étude de Li *et al.* (1970) est la seule où les teneurs en pesticides utilisées étaient du même ordre de grandeur que les contaminations réelles. Sauf dans la fabrication de lait en poudre par le procédé Spray, ces chercheurs n'ont pu établir de diminutions notables des teneurs en pesticides.

Un certain nombre de chercheurs ont étudié aussi des procédés appliqués spécialement pour éliminer des pesticides organochlorés. Le tableau 2 reproduit les plus importantes données bibliographiques sur ce sujet.

Il en ressort qu'un traitement thermique de la matière grasse du lait, combiné avec l'application d'un vide élevé, élimine dans une large mesure les pesticides organochlorés. Une élimination destructive de ceux-ci est obtenue dans une moindre mesure quand on traite le lait au peroxyde d'hydrogène.

III. MATERIEL ET METHODES

III.1. Pesticides étudiés

Les recherches ont porté sur les composés organochlorés suivants : l'hexachlorobenzène (HCB), l' α -hexachlorocyclohexane (α -HCH ou α -BHC), le β -hexachlorocyclohexane (β -HCH ou β -BHC), le γ -hexachlorocyclohexane (γ -HCH ou γ -BHC ou lindane), l'heptachlorepoxyde, la dieldrine, le ppDDT, l'opDDT, le ppDDE et le ppDDD (ppTDE).

III.2. Procédés technologiques

III.2.1. Fabrication de crème

Au cours de dix fabrications industrielles de crème, cinq échantillons de lait cru et cinq échantillons de crème ont été prélevés sur

TABLEAU 2

Données bibliographiques relatives à l'influence de procédés spéciaux sur la teneur en pesticides organochlorés du lait et de produits laitiers

Procédés	Pesticides	Teneur en pesticides en p.p.m./matière grasse		Modification du taux de pesticides en p. 100	Références
		avant le traitement	après le traitement		
— Traitement du lait avec 0,06 p. 100 H ₂ O ₂ , 2 h, 4° C, suivi de traitement à la catalase et de fabrication de Cheddar.	DDT	0,025	0,015	— 40 p. 100	Cardwell <i>et al.</i> , 1966
	DDT	0,710	0,358	— 50 p. 100	
	DDD	0,045	0,025	— 44 p. 100	
	DDD	0,513	0,258	— 50 p. 100	
	DDE	0,303	0,118	— 61 p. 100	
— Distillation moléculaire de la matière grasse du lait (200° C, 5 × 10 ⁻⁴ Torr).	γ-HCH	0,80	—	— 94,7 p. 100	Bills et Sloan, 1967
	hépo	1,60	—	— 97,8 p. 100	
	DDT	2,40	—	— 98,3 p. 100	
	DDE	1,60	—	— 98,3 p. 100	
	DDD	1,60	—	— 99 p. 100	
— Distillation de la matière grasse du lait à la vapeur et sous pression réduite.	γ-HCH	—	—	— 19 p. 100	Bills et Sloan, 1967
	hépo	—	—	— 5 p. 100	
— Lavage à l'eau à 80° C de la matière grasse du lait.	—	—	—	0 p. 100	Bills et Sloan, 1967
— Recrystallisation de la matière grasse du lait extraite à l'éthanol ou aux mélanges d'éthanol et d'hexane.	γ-HCH	—	—	— 53 à — 77 p. 100	Bills et Sloan, 1967
	hépo	—	—	— 49 à — 76 p. 100	
	DDT	—	—	— 38 à — 70 p. 100	

TABLEAU 2 (suite)

Procédés	Pesticides	Teneur en pesticides en p.p.m./matière grasse		Modification du taux de pesticides en p. 100	Références
		avant le traitement	après le traitement		
— Chauffage du butter oil (1 h, 60-70° C et 1 h, 120-130° C) sous 0,15 mm Hg.	hépo dieldrine	0,20	0,20	0 p. 100	Kroger, 1968
		0,14	0,14	0 p. 100	
— Désodorisation du butter oil (130-150° C, 3 h, 2 mm Hg).	hépo dieldrine	0,29	0,19	— 36,6 p. 100	Kroger, 1968
		0,39	0,31	— 20,0 p. 100	
— Désodorisation à la vapeur de la matière grasse du lait (180-195° C, 5 h, 0,01-0,5 mm Hg).	hépo dieldrine DDT	0,05-0,20	—	— 100 p. 100	Kroger, 1968
		0,05-0,20	—	— 100 p. 100	
		—	—	— 100 p. 100	
— Traitement thermique du butter oil 2 h, 350° C (destructif).	hépo dieldrine	0,21	0,12	— 43 p. 100	Kroger, 1968
		0,13	<0,01	— 100 p. 100	
— Traitement thermique du butter oil, 7 h, 350° C (destructif).	hépo dieldrine	0,21	0,01	— 100 p. 100	Kroger, 1968
		0,13	0,01	— 100 p. 100	
— Traitement sous vide du beurre ou du butter oil.	hépo dieldrine	—	—	0 p. 100	Kroger, 1968
		—	—	0 p. 100	
— Lyophilisation du beurre ou du butter oil sous 0,1 mm Hg.	hépo dieldrine	—	—	0 p. 100	Kroger, 1968
		—	—	0 p. 100	

TABLEAU 2 (suite)

Procédés	Pesticides	Teneur en pesticides en p.p.m./matière grasse		Modification du taux de pesticides en p. 100	Références
		avant le traitement	après le traitement		
— Traitement du lait à la vapeur et sous vide (88° C sous 305 mm Hg et 74° C sous 483 mm Hg).	dieldrine	—	—	— 3,2 p. 100	Ledford <i>et al.</i> , 1968
	dieldrine	—	—	— 2,9 p. 100	
	heptachlore	—	—	0 p. 100	
	heptachlore	—	—	0 p. 100	
	γ-HCH	—	—	— 23,8 p. 100	
	γ-HCH	—	—	— 23,7 p. 100	
	ppDDT	—	—	— 8,0 p. 100	
— 3 irradiations UV (2200-3300 Å) d'un film de lait (0,16 cm).	hépo	1,0	—	— 20 p. 100	Li et Bradley, 1969
	DDD	1,0	—	— 30 p. 100	
	DDT	1,0	—	— 45 p. 100	
— 3 irradiations UV (2200-3300 Å) d'un film de butter oil (0,35 cm) à 49° C.	dieldrine	1,0	—	— 35 p. 100	Li et Bradley, 1969
	hépo	1,0	—	— 40 p. 100	
	DDD	1,0	—	— 50 p. 100	
	DDT	1,0	—	— 55 p. 100	
— Traitement du lait avec 0,03 p. 100 H ₂ O ₂ (15 mn), suivi de traitement à la catalase.	DDT	0,10*	—	— 33,3 p. 100	Hekmati et Bradley, 1971
	hépo	0,10*	—	— 11,2 p. 100	
	γ-HCH	0,10*	—	— 18,0 p. 100	
	dieldrine	0,10*	—	— 38,3 p. 100	
	DDE	0,10*	—	0 p. 100	
	DDD	0,10*	—	0 p. 100	

* Par rapport au lait.

TABLEAU 3

Influence de procédés technologiques sur la teneur en pesticides organochlorés dans la fabrication de produits laitiers

Traitement	Pesticides	Teneur moyenne en milliardièmes		Différence moyenne	Modification en p. 100	Ecart standard par rapport à la différence moyenne	Valeur t calculée
		avant le traitement	après le traitement				
Fabrication de crème	HCB	56,1	59,4	+ 3,34	+ 6,0 p. 100	2,04	1,634
	α -HCH	65,7	68,2	+ 2,56	+ 3,9 p. 100	2,06	1,240
	γ -HCH	55,1	76,8	+ 21,68	+ 39,3 p. 100	4,07	5,330**
	β -HCH	87,7	76,4	- 11,3	- 12,9 p. 100	3,13	3,607**
	hépo	110,8	111,0	+ 0,18	+ 0,2 p. 100	2,77	0,065
	ppDDE	107,7	103,5	- 4,24	- 3,9 p. 100	1,66	2,560*
	dieldrine	219,6	220,7	+ 1,14	+ 0,5 p. 100	3,48	0,328
	opDDT	59,4	57,4	- 1,94	- 3,3 p. 100	2,19	0,886
	ppDDD	103,5	100,4	- 3,14	- 3,0 p. 100	4,72	0,666
	ppDDT	220,7	204,3	- 16,4	- 7,4 p. 100	4,87	3,368**
Fabrication de beurre	HCB	62,7	62,5	- 0,20	- 0,3 p. 100	1,45	0,138
	α -HCH	64,5	56,5	- 7,92	- 12,3 p. 100	1,62	4,885**
	γ -HCH	123,5	115,3	- 8,20	- 6,6 p. 100	1,36	6,045**
	β -HCH	71,1	60,4	- 10,76	- 15,1 p. 100	2,29	4,689**
	hépo	179,3	175,5	- 3,80	- 2,1 p. 100	2,49	1,527
	ppDDE	93,5	90,5	- 3,06	- 3,3 p. 100	1,96	1,563
	dieldrine	198,8	194,1	- 4,72	- 2,4 p. 100	2,60	1,817
	opDDT	53,2	53,5	+ 0,24	+ 0,5 p. 100	2,16	0,111
	ppDDD	101,3	101,0	- 0,32	- 0,3 p. 100	2,72	0,117
	ppDDT	194,9	193,3	- 1,66	- 0,9 p. 100	3,48	0,476
Condensation	HCB	83,1	89,4	+ 6,31	+ 7,6 p. 100	3,22	1,958
	α -HCH	76,9	75,8	- 1,09	- 1,4 p. 100	3,65	0,298
	γ -HCH	100,7	122,5	+ 21,78	+ 21,6 p. 100	6,00	3,632**
	β -HCH	185,1	197,2	+ 12,09	+ 6,5 p. 100	10,03	1,205
	hépo	278,8	316,8	+ 37,92	+ 13,6 p. 100	6,76	5,611**
	DDE	105,8	110,8	+ 4,96	+ 4,7 p. 100	4,70	1,054

TABLEAU 3 (suite)

Traitement	Pesticides	Teneur moyenne en milliardièmes		Différence moyenne	Modification en p. 100	Ecart standard par rapport à la différence moyenne	Valeur t calculée
		avant le traitement	après le traitement				
Pulvérisation de lait condensé (procédé Spray)	dieldrine	200,4	247,2	+ 46,74	+ 23,3 p. 100	8,50	5,496**
	opDDT	71,4	68,2	- 3,26	- 4,6 p. 100	4,16	0,785
	ppDDD	57,4	68,2	+ 10,75	+ 18,7 p. 100	3,52	3,061**
	ppDDT	178,4	197,2	+ 18,82	+ 10,6 p. 100	5,06	3,717**
	HCB	89,4	97,6	- 1,87	- 2,1 p. 100	3,92	0,477
	α -HCH	75,8	71,2	- 4,60	- 6,1 p. 100	5,13	0,897
	γ -HCH	122,6	112,4	- 10,16	- 8,3 p. 100	6,61	1,523
	β -HCH	197,2	204,5	+ 7,34	+ 3,7 p. 100	12,87	0,570
	hépo	316,8	329,9	+ 13,11	+ 4,1 p. 100	10,62	1,235
	DDE	110,8	112,4	+ 1,62	+ 1,5 p. 100	4,77	0,340
	dieldrine	247,2	244,4	- 2,77	- 1,1 p. 100	12,16	0,229
	opDDT	68,2	66,6	- 1,55	- 2,3 p. 100	3,85	0,404
	ppDDD	68,2	66,8	- 1,43	- 2,1 p. 100	3,33	0,432
	ppDDT	197,2	217,0	+ 19,82	+ 10,1 p. 100	7,50	2,642*
Fabrication de fromage Gouda ; au moins 48 p. 100 de matière grasse dans la matière sèche)	HCB	35,8	36,5	+ 0,74	+ 2,1 p. 100	0,62	1,203
	α -HCH	32,5	34,3	+ 1,88	+ 5,8 p. 100	0,65	2,887**
	γ -HCH	27,2	27,1	- 0,10	- 0,4 p. 100	0,68	0,147
	β -HCH	42,8	34,6	- 8,14	- 19,0 p. 100	1,60	5,088**
	hépo	74,4	74,7	+ 0,30	+ 0,4 p. 100	0,79	0,380
	DDE	98,1	101,3	+ 3,16	+ 3,2 p. 100	1,14	2,775**
	dieldrine	64,3	65,6	+ 1,24	+ 1,9 p. 100	0,94	1,319
	opDDT	28,1	29,5	+ 1,36	+ 4,8 p. 100	0,83	1,640
	ppDDD	21,4	22,8	+ 1,48	+ 6,9 p. 100	0,50	2,960**
	ppDDT	132,6	120,6	- 11,96	- 9,0 p. 100	2,39	5,010

* : significative à $\alpha = 0,05$.** : significative à $\alpha = 0,01$.

chaque fabrication, aux fins de détermination de la teneur en pesticides organochlorés. L'écémage était effectué à 45° C et la crème (à 42 p. 100 de matière grasse) était pasteurisée à 96° C.

III.2.2. *Fabrication de beurre*

Au cours de dix fabrications industrielles de beurre (non salé, fabriqué en continu), cinq échantillons de crème et cinq échantillons de beurre ont été prélevés sur chaque fabrication, aux fins de détermination de la teneur en pesticides organochlorés.

III.2.3. *Fabrication de poudre de lait* (procédé Spray)

Au cours de dix fabrications de poudre de lait entier, cinq échantillons de lait, cinq échantillons de lait condensé et cinq échantillons de poudre de lait ont été prélevés sur chaque fabrication, aux fins de détermination de la teneur en pesticides organochlorés.

III.2.4. *Fabrication de fromage* (fromage Gouda contenant au moins 48 p.100 de matière grasse dans la matière sèche d'environ 10 kg).

Au cours de dix fabrications industrielles, cinq échantillons de lait et cinq échantillons de fromage (6 semaines) ont été prélevés sur chaque fabrication, aux fins de détermination de la teneur en pesticides organochlorés.

III.3. **Méthode d'analyse**

50 ml de lait, de lait condensé ou de lait reconstitué, sont mélangés successivement avec 200 ml d'acétone et 100 ml de pentane. Le pentane est ensuite séparé. Dans le cas de la crème, 30 ml de celle-ci sont mélangés avec 50 ml d'acétone et 100 ml de pentane. Dans le cas du fromage, on en mélange 10 g dans un mortier avec une quantité suffisante de sulfate de sodium anhydre, de façon à obtenir une poudre fluide ; l'extraction est effectuée ensuite de la même manière que pour le lait. Quant au beurre, on en dissout 10 g dans 100 ml de pentane.

La couche de pentane est chaque fois séchée sur du sulfate de sodium anhydre ; le pentane est évaporé ensuite.

Les fractions de matière grasse sont analysées de la façon déjà décrite dans une publication précédente (Van Renterghem, 1976).

IV. **RESULTATS ET COMMENTAIRES**

L'influence que la fabrication de crème, de beurre, de lait condensé, de poudre de lait entier ou de fromage (Gouda), exerce sur la teneur en pesticides organochlorés a été étudiée. Les résultats sont rassemblés dans le tableau 3. En plus des teneurs

moyennes en pesticides organochlorés relevées avant et après chaque traitement, le tableau indique aussi la différence moyenne, la différence en p. 100, l'écart standard par rapport à la différence moyenne et la valeur t calculée. Il précise en outre si cette valeur t est significative à $\alpha = 0,05^*$ ou à $\alpha = 0,01^{**}$.

On constate que les différences sont tantôt positives, tantôt négatives ; la plupart sont inférieures à 10 p. 100 de la teneur initiale. Des augmentations significatives des teneurs en pesticides se constatent surtout pendant la condensation du lait. Cette augmentation apparente révèle une amélioration de l'accessibilité des solvants organiques aux fractions de matière grasse riches en pesticides. Des augmentations apparentes analogues avaient déjà été constatées précédemment, au cours des recherches sur l'influence de la pasteurisation, de la stérilisation et de l'upérisation. Cette constatation confirme également les résultats obtenus par Li *et al.* (1970). Ces chercheurs avaient toutefois observé au cours de la fabrication de poudre de lait par le procédé Spray une baisse sensible de la plupart des teneurs en pesticides organochlorés, laquelle n'a pas été confirmée au cours de notre étude. Nous n'avons, en effet, constaté aucune modification significative ($\alpha = 0,01$) de la teneur en pesticides organochlorés au cours de la fabrication de poudre de lait par ce même procédé.

Des baisses significatives, mais limitées, de teneurs en pesticides ont été observées au cours de la fabrication de fromage (β -HCH), de beurre (α -HCH, β -HCH et γ -HCH) ou de crème (β -HCH et ppDDT). Les chances de destruction étant minimes dans ces fabrications, ces baisses pourraient s'expliquer par une perte dans le lait écrémé, le sérum ou le babeurre d'une partie des fractions riches en pesticides.

V. CONCLUSION

Si l'on excepte une augmentation de l'extractibilité de quelques composés organochlorés par des solvants organiques ou une perte négligeable dans le lait écrémé, le sérum ou le babeurre, les procédés, objets de cette étude n'exercent aucune influence notable sur la teneur en pesticides organochlorés.

L'application de techniques spéciales peut seule procurer une élimination ou destruction plus ou moins efficace de ces polluants, mais ces techniques soulèvent des questions de rentabilité économique (par exemple la distillation à la vapeur du butter oil) et/ou d'admissibilité (par exemple l'addition de peroxyde d'hydrogène).

En somme, la solution la plus sensée du problème réside encore dans la prévention de la contamination du lait de ferme cru par les pesticides organochlorés.

Remerciements

Nous remercions l'ingénieur R. Moermans, du « Bureau de Biométrie » du Centre de Recherches de l'Etat, Gand, ainsi que MM. L. De Vreese et G. Timmerman, ingénieurs-techniciens, de leur précieuse collaboration.

Résumé

L'auteur étudie l'influence exercée sur la teneur en pesticides organochlorés par la fabrication de crème, de beurre crème, de lait condensé, de poudre de lait condensé et de fromage (Gouda).

Contrairement aux techniques spéciales, telles que le traitement thermique sous vide poussé de la matière grasse du lait ou le traitement du lait par le peroxyde d'hydrogène, les procédés examinés ne permettent pas d'escompter une volatilisation ou destruction des pesticides organochlorés.

De légères modifications de l'extractibilité des pesticides organochlorés ont été constatées, surtout au cours du processus de condensation. La très légère diminution de quelques teneurs en pesticides peut s'expliquer par une perte partielle dans le lait écrémé, le babeurre ou le sérum.

Summary

It was investigated to what extent the manufacture of cream, creamery butter, condensed milk, full-milk powder and cheese (Gouda) influences their organochlorine pesticide content.

Evaporation or destruction of the organochlorine pesticides is not likely to take place with the procedures studied, in contrast with special techniques such as thermal highvacuum treatment of milk fat and milk treatment with hydrogen peroxide.

Small changes in the extractability of the organochlorine pesticides were observed, especially during condensation. The slight decrease in content observed with a few pesticides may be ascribed to partial elimination via the skim milk, the buttermilk or the whey.

Zusammenfassung

Es wurde untersucht, inwiefern die Herstellung von Rahm, Molkereibutter, Kondensmilch, Vollmilchpulver und Käse (Gouda) ihren Organochlorpestizid-Gehalt beeinflusst.

Verdampfung oder Abbau der Organochlorpestizide kann mit den untersuchten Verfahren nicht erwartet werden, im Gegensatz zu

Spezialtechniken wie Hochvakuum-Wärmebehandlung von Milchlakt und Milchbehandlung durch Wasserstoffperoxyd.

Geringe Aenderungen der Extrahierbarkeit der Organochlorpestizide wurden beobachtet, besonders während der Kondensation. Die bei einigen Pestiziden beobachtete geringe Gehaltabnahme soll partieller Elimination über die Magermilch, die Buttermilch oder die Molke zugeschrieben werden.

Reçu pour publication en octobre 1977

Références

- BILLS (D. D.) and SLOAN (J. L.) (1967). — Removal of chlorinated insecticide residues from milk fat by molecular distillation. *J. Agr. Fd. Chem.*, 15, 676.
- BLANC (B.) und RÜST (P.) (1972). — Ist es möglich chlorhaltige organische Pestizide aus der Milch zu eliminieren ? *Schweizerische Milchzeitung*, 42, 329.
- CARDWELL (J. T.), MANDHARE (K. S.) and SMITH (D. M.) (1966). — Degradation of DDT through hydrogen peroxide treatment of milk in manufacture of Cheddar cheese. *J. Dairy Sci.*, 49, 444.
- DOWNY (W. K.) (1972). — Pesticide residues in milk and milk products. *I.D.F. Annual Bulletin*, Part II.
- HEKMATI (M.) and BRADLEY (R. L.) (1971). — Degradation of organochlorine pesticides with hydrogen peroxide. *Milchwissenschaft*, 26, 224.
- KROGER (M.) (1968). — Effect of various physical treatments on certain organochlorine hydrocarbon insecticides found in milk fat. *J. Dairy Sci.*, 51, 196.
- LANGLOIS (B. E.), LISKA (B. J.) and HILL (D. L.) (1964). — The effects of processing and storage of dairy products on chlorinated insecticide residues. I. DDT and lindane. *J. Milk Fd. Technol.*, 27, 264.
- LANGLOIS (B. E.), LISKA (B. J.) and HILL (D. L.) (1965). — The effects of processing and storage of dairy products on chlorinated insecticide residues. II. Endrin, dieldrin, and heptachlor. *J. Milk Fd. Technol.*, 28, 9.
- LEDFORD (R. A.), CHEN (J. H.) and SHIPE (W. F.) (1968). — Effect of direct steam heating and vacuum treatment on levels of pesticide residues in milk. *J. Dairy Sci.*, 51, 219.
- LI (C. F.) and BRADLEY (R. L.) (1969). — Degradation of chlorinated hydrocarbon pesticides in milk and butter oil by Ultraviolet. Energy. *J. Dairy Sci.*, 52, 27.
- LI (C. F.), BRADLEY (R. L.) and SCHULTZ (L. H.) (1970). — Fate of organochlorine pesticides during processing of milk into dairy products. *J.A.O.A.C.*, 53, 127.
- MANN (H. D.), CARTER (R. H.) and ELY (R. E.) (1950). — The DDT content of milk products. *J. Milk Fd. Technol.*, 13, 340.
- VAN RENTERGHEM (R.) (1976). — L'influence des procédés technologiques de préparation du lait de consommation sur la teneur en pesticides organochlorés. *Le Lait*, 558, 537.