

LES MODIFICATIONS DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DES MIELS AU COURS DE LA CONSERVATION

M. GONNET

*Station expérimentale d'Apiculture,
Centre de Recherches agronomiques du Sud-Est, Montfavet (Vaucluse).*

SOMMAIRE

L'auteur étudie les modifications subies par divers constituants du miel au cours de sa conservation, soit à la température ordinaire, soit à 14°C. Au cours du vieillissement, la coloration devient plus intense, le taux d'H.M.F augmente ainsi que l'acidité libre ; l'acidité totale et les lactones peuvent évoluer différemment selon les miels. Le pH demeure stationnaire ; la teneur en glucose diminue ; l'invertase, l'amylase et l'inhibine sont affaiblies. Toutes les réactions sont beaucoup ralenties à 14°C. On n'a pas noté de différence dans le mode de vieillissement des miels pasteurisés ou non

INTRODUCTION

La production du miel connaît des fluctuations importantes en fonction des caractéristiques météorologiques des différentes années. Elle passe facilement du simple au double selon que les conditions ont été ou non favorables à la miellée. Cette irrégularité de production a pour conséquence des difficultés de commercialisation souvent importantes qui pourraient être résolues par le stockage des produits en excès d'une année sur l'autre. Cependant, en dehors des considérations d'ordre économique qui rendent ce stockage souvent difficile, il faut noter que la conservation du miel sur de longues périodes pose quelques problèmes techniques en rapport avec les altérations inévitables d'un produit biologique de composition très complexe.

Le problème le plus grave qui puisse se poser en matière de conservation du miel est celui de la fermentation spontanée. Il est facile à résoudre par la pasteurisation ; il ne saurait se poser d'ailleurs que pour des miels ayant une teneur en eau anormalement élevée. Ce n'est donc pas lui qui a retenu notre attention mais celui de l'évolution de certains constituants dont le dosage est habituellement utilisé

pour évaluer la qualité des miels : diastases, inhibine, hydroxyméthylfurfural, acidité, pH, etc. Nous nous sommes donc attachés à l'étude des variations de composition au cours du stockage qui sont susceptibles d'entraîner une dépréciation du produit ; ces variations ont d'ailleurs déjà fait l'objet de recherches mais jusqu'ici on n'avait entrepris aucune étude comparative entre le vieillissement des miels crus et celui des miels pasteurisés. C'est pourquoi nous avons entrepris ce travail.

MATÉRIEL ET TECHNIQUE

Les miels utilisés pour cette étude sont les mêmes que ceux qui ont été précédemment décrits par GONNET, LAVIE et LOUVEAUX (1964). Nous ne reviendrons pas sur ce sujet, pas plus que sur les méthodes de dosage utilisées qui sont également les mêmes. Nous renvoyons donc le lecteur à la publication antérieure : *Ann. Abeille*, 1964, vol. 7, n° 2, p. 81-102.

Mode de conservation des échantillons

Les échantillons prélevés sont conservés à l'obscurité en pots de verre de cinq cents grammes. Ces pots sont fermés par un couvercle en matière plastique étanche.

La conservation s'effectue : *en partie à la température de 14°C* dans une chambre maintenue en permanence à cette température ; *en partie à la température moyenne de 20°C* (température du laboratoire). Pour ce second mode de conservation, les maximums enregistrés se situent à 25°C et les minimums à 15°C. Pour la série des miels récoltés en 1962, nous avons pour chaque lot un échantillon de référence maintenu à très basse température (— 30°C) (1).

Les différents lots (répertoriés au tableau 1) sont répartis selon le schéma suivant :

A. Conservés à 14°C	}	Miels non pasteurisés
B. Conservés au laboratoire		
C. Conservés à 14°C	}	Miels pasteurisés
D. Conservés au laboratoire		

Analyses et contrôles divers

Les dosages et mesures effectués après 1 an et 2 ans pour les lots de miel mis en expérience en 1961, après 6 mois et 1 an pour les lots de miels récoltés en 1962, sont les suivants :

Observation de la cristallisation, mesure de la coloration et du pH, dosage du glucose, de l'acidité, de l'H.M.F, de l'invertase, de l'amylase et de l'inhibine.

PRINCIPAUX RÉSULTATS

Les principaux résultats que nous avons obtenus sont les suivants :

I. — *Cristallisation*

Ces résultats ayant déjà été publiés (GONNET et al., 1964), nous ne ferons qu'un bref commentaire. Rappelons que tous les miels étudiés étaient cristallisés après 3 mois de conservation (à l'exception des échantillons pasteurisés) et que la cristallisation était assez grossière.

(1) Les résultats d'analyses obtenus en utilisant ces échantillons peuvent être considérés comme référence de la valeur initiale. Remarquons qu'il n'y a aucun échantillon de référence à — 30°C pour les miels de 1961 ; nous ne disposons pas alors du matériel nécessaire.

TABEAU I

Table signalétique des lots de miel utilisés

Références des échantillons	Année de récolte	Teneur en eau moyenne (%)	Origine florale	Aire de production	Traitements subis par les miels	Traitements subis par les miels pasteurisés (1)	Observations
43/61	1960	17,8	Bruyère cendrée (<i>Frica cinerea</i>)	Région landaise	Conservés à 4°C pendant 1 an (de 1960 à 1961) refondus ensuite en fûts de 300kg	Même traitement plus pasteurisation à 78°C	
44/61							
45/61							
51/61							
52/61							
42/61	1961	17,5	Trèfle blanc Sainfoin	Ain		Pasteurisation à 78°C	
40/61	1961	16,3	Lavande Châtaignier	Plateau de Vaucluse Crau			Mélange de récolte 1961
59/62	1962	16	Lavande Lavandin	Plateaux de Basse-Drôme et Vaucluse	Décantés 45 jours à 35°C	Même traitement plus pasteurisation à 65°C (59/62) et à 78°C (60/62) (61/62) (62/62). (40/61)	Lot 61/62 extrait de cadres de corps de ruche.
60/62							
61/62							
62/62							

(1) Se reporter aux tableaux parus dans le n° 2 (vol. 7) des *Annales de l'Abelle* pour plus de détails sur ces traitements.

TABLEAU 2
Influence de la conservation sur la couleur des miels

Références des échantillons	Résultats en D° s/550 m μ ou 450 m μ (1)				Résultats en D° s/550 m μ ou 450 m μ (1)			
	Valeur initiale	Après 6 mois	Après 1 an	Après 2 ans	Valeur initiale	Après 6 mois	Après 1 an	Après 2 ans
43/61	0,43		0,46	0,60	0,42		0,42	0,60
			0,50	0,72			0,48	0,70
44/61	0,40		0,44	0,55	0,41		0,41	0,52
			0,48	0,72			0,46	0,72
45/61	0,42		0,42	0,57	0,41		0,41	0,54
			0,48	0,66			0,48	0,72
51/61	0,42		0,43	0,57	0,40		0,40	0,54
			0,49	0,62			0,47	0,68
52/61	0,41		0,43	0,58	0,39		0,40	0,53
			0,44	0,63			0,44	0,66
42/61	0,45		0,46	0,21	0,45		0,15	0,19
			0,19	0,39			0,20	0,43
40/61	0,35		0,38	0,41	0,34		0,34	0,41
			0,43	0,66			0,40	0,51
59/62	0,37		0,40		0,39		0,40	
			0,40				0,40	
60/62	0,37		0,40		0,37		0,40	
			0,40				0,40	
61/62	0,60		0,64		0,60		0,64	
			0,64				0,64	
62/62	0,46		0,72		0,46		0,71	
			0,85				0,90	
			0,50				0,50	
			0,60				0,59	

(1) Lecture s/550 m μ de 43/61 à 40/61 (miels foncés).
Lecture s/450 m μ de 59/62 à 62/62 (miels clairs).

2. — *Couleur* (tabl. 2)

La couleur des miels s'intensifie sensiblement au cours du vieillissement (1). Ainsi un miel d'*Erica* dont la densité optique initiale moyenne était de 0,41 (mesurée sous 550 m μ) passe à 0,48 après 1 an de conservation au laboratoire et à 0,67 après 2 ans. Un échantillon moyen du même miel conservé à 14°C donne une valeur de 0,43 après 1 an de stockage et de 0,57 après 2 ans. Le brunissement spontané du miel d'*Erica* est donc plus important à la température du laboratoire ; il intervient déjà pendant la première année mais surtout au cours de la deuxième année de conservation. Ce brunissement est d'ailleurs loin d'être négligeable à la température de 14°C, mais il intervient alors pendant la deuxième année de conservation.

La couleur des miels peut toutefois évoluer d'une manière bien différente. Ainsi après 1 an de conservation, la couleur de l'échantillon 61/62, et dans une moindre mesure celle de l'échantillon 62/62, s'est déjà intensifiée au laboratoire et à 14°C. Sans pouvoir déterminer les causes précises à cette rapide évolution, il apparaît certain que ces miels sont très sensibles au phénomène du brunissement.

Nous noterons enfin que l'évolution de la couleur chez les miels pasteurisés est à peu près égale à celle de leurs témoins non pasteurisés.

3. — *pH*

Aucune variation significative n'étant intervenue, nous n'avons pas présenté le tableau de ces résultats.

4. — *Glucose* (tabl. 3)

On constate une diminution de la teneur en glucose mais sans relations apparentes avec les températures de conservation pratiquées.

TABLEAU 3

Influence de la conservation sur la teneur en glucose des miels

Références des échantillons		Glucose en g/100 g de miel			Glucose en g/100 g de miel	
		Valeur initiale	Après 1 an		Valeur initiale	Après 1 an
59/62	A	35,4	34,6	C	35,9	34,6
	B		35,3			D
60/62	A	36,3	35	C	36,3	34,5
	B		35,7			D
61/62	A	35	34,3	C	35	34,2
	B		34,8			D
62/62	A	36,3	35,7	C	36,3	35,1
	B		35,6			D

(1) On peut considérer qu'une différence moyenne de 0,04 (D_0), entre deux échantillons est déjà aisément décelable à l'examen visuel.

TABLEAU 4
Influence de la conservation sur l'acidité libre dans les miels

Références des échantillons	Acidité libre (résultats en méq/kg de miel)				Acidité libre (résultats en méq/kg de miel)			
	Valeur initiale	Après 6 mois	Après 1 an	Après 2 ans	Valeur initiale	Après 6 mois	Après 1 an	Après 2 ans
43/61	A	38,25		39		38	39	40
	B			42,50			39,50	41,75
44/61	A	37		38,50		37,50	38	39,25
	B			41,50			38,50	40,25
45/61	A	37		38,50		37,25	38	40
	B			42,50			40	41
51/61	A	37		38,50		36,75	38	39,50
	B			42,50			38,50	41,50
52/61	A	36,50		39		36,75	37,75	39
	B			43,50			38,50	43,50
42/61	A	22,25		22		21	21	21,75
	B			23			21	22,75
40/61	A	30,50		31		30,50	30,50	30,50
	B			31,75			31	31,25
59/62	A	18,50	18,50	18,50		18,25	18,50	18,75
	B			19			18,75	18,75
60/62	A	18,75	18,50	18,75		17,75	18,50	18,50
	B		19	19			19	19
61/62	A	21,75	22,50	22,50		21,75	22	23
	B		22,75	24			22,75	23,50
62/62	A	19	19,50	21		20	19,50	21
	B		20	21,25			20,50	21,25

5. — Acidités

a) Acidité libre (tabl. 4).

Une moyenne des résultats obtenus sur les échantillons non pasteurisés de miel de Bruyère cendrée nous donne :

	<i>après 1 an</i>	<i>après 2 ans</i>	à 14°C
	37,75 méq	38,75 méq	
Miel frais = 37 méq/kg			
	<i>après 1 an</i>	<i>après 2 ans</i>	à ± 20°C
	39,25 méq	42,50 méq	

L'acidité libre d'un miel augmente durant la conservation de ce miel ; cet accroissement est plus important à la température ordinaire qu'il ne l'est à 14°C. Ceci est valable pour tous les miels que nous avons étudiés.

Les miels pasteurisés se comportent de manière sensiblement analogue aux témoins non traités.

b) Lactones (tabl. 5).

Les résultats moyens pour un miel de Bruyère non pasteurisé sont les suivants :

	<i>après 1 an</i>	<i>après 2 ans</i>	à 14°C
	23,25 méq	22 méq	
Miel frais = 25,25 méq/kg			
	<i>après 1 an</i>	<i>après 2 ans</i>	à ± 20°C
	24,75 méq	22 méq	

Par contre, chez les miels de Lavande nous trouvons :

	<i>après 1 an</i>	à 14°C
	10,75 méq	
Miel frais = 10 méq/kg		
	<i>après 1 an</i>	à ± 20°C
	12 méq	

Dans le premier cas (lactones et acidité libre initialement élevées), les lactones tendent à diminuer ; la diminution est d'ailleurs plus rapide à 14°C. C'est au phénomène inverse que nous assistons dans le second cas (lactones et acidité libre initialement faibles).

Les échantillons pasteurisés présentent des résultats analogues.

c) Acidité totale (tabl. 6).

L'acidité totale représentant la somme de l'acidité libre et des lactones, les résultats découlent des deux précédentes mesures d'acidité. Ainsi l'acidité totale augmente pour les miels conservés au laboratoire. Elle augmente, demeure stationnaire ou diminue pour les miels conservés à 14°C.

Nous retrouvons des résultats identiques en ce qui concerne les échantillons de miel pasteurisé.

TABLEAU 6

Influence de la conservation sur l'acidité totale des miels

Références des échantillons	Acidité totale (résultats en mEq/kg de miel)				Acidité totale (résultats en mEq/kg de miel)			
	Valeur initiale	Après 6 mois	Après 1 an	Après 2 ans	Valeur initiale	Après 6 mois	Après 1 an	Après 2 ans
43/61	A	62,75	60,75	61	C	64,50	61,50	62
	B		65	65,50	D		63,50	64,75
44/61	A	62,25	60,50	60,75	C	63	60,50	61
	B		64	64,50	D		62,50	63
45/61	A	62,50	60,75	60,25	C	61,75	61	61,50
	B		66,50	65,75	D		64	64
51/61	A	63	62	60,75	C	63,25	61	60,50
	B		63,50	65,50	D		63	64
52/61	A	61,50	61,50	61	C	61,25	61,25	60,50
	B		62,50	66	D		62,50	66,25
42/61	A	35,50	33,50	32	C	35,50	32	32,25
	B		36	35	D		33,25	34,75
40/61	A	42,50	43	42,50	C	42,50	43	43
	B		45,50	45,25	D		44,75	44,50
59/62	A	29	29		C	29	29,25	
	B		30,25		D		30	
60/62	A	28,75	28,50		C	28,50	29	
	B		30		D		30	
61/62	A	31,50	33	34,50	C	30,75	34,50	34,50
	B		34,25	37,25	D		36,50	36,50
62/62	A	29	30	31,50	C	29	31,50	31,50
	B		31,50	33,25	D		33	33

6. — *HMF* (tabl. 7)

La formation d'*HMF* au cours du vieillissement est relativement importante ; en moyenne, nous avons obtenu les taux d'accroissement suivants :

a) *Miel de Bruyère cendrée* :

(à la température de 14°C)

— Quantité initiale à multiplier par 1,08 après 1 an.

— Quantité initiale à multiplier par 1,40 après 2 ans.

(à la température de $\pm 20^\circ\text{C}$).

— Quantité initiale à multiplier par 2,58 après 1 an.

— Quantité initiale à multiplier par 5,70 après 2 ans.

La formation d'*HMF* est donc très importante après 1 an et 2 ans à la température ordinaire. La production de dérivés furfuroliques est considérablement ralentie à 14°C ; toutefois, une évolution plus rapide se manifeste dans la 2^e année de conservation.

b) *Miel de Lavande* :

(à la température de 14°C)

— Quantité initiale à multiplier par 1,06 après 6 mois.

— Quantité initiale à multiplier par 1,12 après 1 an.

(à la température de $\pm 20^\circ\text{C}$).

— Quantité initiale à multiplier par 1,10 après 6 mois.

— Quantité initiale à multiplier par 2,00 après 1 an.

Remarquons que, pendant les 6 premiers mois de stockage, les quantités d'*HMF* produites sont minimales à la température du laboratoire ; c'est entre le 6^e et le 12^e mois que l'écart s'accroît. Comme dans l'exemple précédent, nous ne noterons ici qu'une faible augmentation d'*HMF* à 14°C, après 1 an.

À la température du laboratoire, le taux d'*HMF* augmente plus rapidement dans les miels de forte acidité du type *Erica* que dans les autres miels étudiés.

Nous ajouterons enfin que les miels pasteurisés suivent en moyenne une courbe d'évolution sensiblement identique à celle des témoins non pasteurisés.

7. — *Invertase* (tabl. 8).

Le taux d'invertase décroît dans les miels au cours du stockage. Cette diminution est beaucoup moins importante à la température de 14°C qu'elle ne l'est à la température du laboratoire. Par exemple, pour la série *Erica*, la chute moyenne du taux d'invertase est de 7 p. 100 après 1 an et de 19 p. 100 après 2 ans de conservation à 14°C, tandis que pour le même miel, mais au laboratoire, la perte diastatique s'élève à 43 p. 100 après 1 an et 57 p. 100 après 2 ans de conservation.

Après 1 an de conservation au laboratoire, les miels de Lavande ont perdu en moyenne 30 p. 100 de leur diastase initiale.

Comme nous pouvons nous en rendre compte par rapport aux autres miels étudiés, on observe à la température du laboratoire, une sensibilité plus grande de l'invertase contenue dans les miels de Bruyère ; ceci peut résulter d'ailleurs de la forte acidité de ces miels.

TABLEAU 7

Influence de la conservation sur l'HMF contenu dans les miels

Références des échantillons	HMF en µg/g de miel					Valeur initiale	HMF en µg/g de miel				
	HMF en µg/g de miel						HMF en µg/g de miel				
	Valeur initiale	Après 6 mois	Après 1 an	Après 2 ans			Valeur initiale	Après 6 mois	Après 1 an	Après 2 ans	
43/61	A	25		28,5	30,8	30,5		32,7	33,8		
	B			53,2	125,7			66,5	127,1		
44/61	A	20,5		22,7	37,5	22,7		24,3	40,8		
	B			63	143			63	149,4		
45/61	A	25		26,3	37,5	25		27,8	39,1		
	B			57,6	141			62	147		
51/61	A	18,2		20,5	24,5	20,4		22,7	24,5		
	B			51,5	107,6			57,8	117		
52/61	A	22,7		23,4	25,7	22,7		22,7	23,4		
	B			63	117			68,2	117		
52/61	A	20,4		20,5	22,7	21,7		22,5	22,7		
	B			36,1	50,7			31,5	53		
40/61	A	27,7		32,1	33,1	33,3		34,3	35,8		
	B			56,5	93,4			68,2	114,3		
59/62	A	21,8		25,1		21,8		25			
	B			46,4				41,6			
60/62	A	20,5		22,7		20,7		25,5			
	B			45,5				47,2			
61/62	A	30,5		31,8		30,5		32,7			
	B			47,2				48			
62/62	A	18,5		23,1		19,2		23,1			
	B			42,7				49,1			

TABEAU 8
Influence de la conservation sur l'invertase des miels

Références des échantillons	Invertase (°)					Invertase (°)				
	Valeur initiale	Après 6 mois	Après 1 an		Après 2 ans	Valeur initiale	Après 6 mois	Après 1 an		Après 2 ans
			A	B				A	B	
43/61	13,30		11,82	6,36	9,74 4,99	C	D	0,95	0,83 0	0 0
45/61	14,73		11,64 7,12	10,92 6,12	C	D	0,09	0 0	0 0	
										48,28
48,85	17 13,68	15,68 8,69	C	D	2,18	1,42 0	1 0			
								10,97		10,73 8,17
13,68		12,62 9,30	10,45 7,65	C	D	0,57	0,50 0			
								5,27	4,70 4,35	4,42 4,04
4,68	3,65 3,37	3,04 3,04	C	D	0,92	1,03 0,62	0 0			
								8,31	6,98 5,31	6,74 5,08
4,99	4,33 4,42	4,13 4,04	C	D	1,85	1,38 0,90	0 0			

(°) Résultats exprimés en mg de saccharose hydrolysé en 2h par la diastase contenue dans 50 mg de miel.

A noter, enfin, que la plupart des miels normalement pasteurisés ne possèdent plus trace d'invertase après 1 an et 2 ans de conservation. A la température du laboratoire notamment, aucun miel pasteurisé ne possède d'invertase décelable après 1 an (exception faite pour l'échantillon 59/62 pasteurisé à 65°C).

8. — *Amylase* (tabl. 9 et 10) ⁽¹⁾

Les résultats sont exprimés soit (tabl. 9) en pourcentage de la perte après 1 an et 2 ans de conservation par rapport aux témoins, ceux-ci étant les échantillons

TABLEAU 9

Chute du taux d'amylase (les échantillons conservés à 14°C sont considérés comme témoins)

Références des échantillons		Perte %				Perte %		
		Après 6 mois	Après 1 an	Après 2 ans		Après 6 mois	Après 1 an	Après 2 ans
43/61	A		»	»	C D		»	»
	B		— 33	— 33,3			— 31,8	— 35
44/61	A		»	»	C D		»	»
	B		— 24	— 37,1			— 22,9	— 37,5
45/61	A		»	»	C D		»	»
	B		— 29,1	— 35			— 30,3	— 36,2
51/61	A		»	»	C D		»	»
	B		— 27,1	— 36,5			— 25,3	— 35,7
52/61	A		»	»	C D		»	»
	B		— 31,2	— 34,2			— 26,7	— 37,5
42/61	A		»	»	C D		»	»
	B		— 26,6	— 31,9			— 30,1	— 31,2
40/61	A		»	»	C D		»	»
	B		— 24,9	— 31,5			— 22,9	— 32,2
59/62	A		»	»	C D		»	»
	B	— 9,8	— 20,1				— 14,1	— 21,1
60/62	A		»	»	C D		»	»
	B	— 17,6	— 20,3				— 16,6	— 19,7
61/62	A		»	»	C D		»	»
	B	— 12,5	— 13,1				— 11,3	— 13,1
62/62	A		»	»	C D		»	»
	B	— 3	— 10				— 0,6	— 10,5

(1) La forme apportée à la présentation de ces tableaux se justifie du fait que les résultats obtenus lors des premières analyses, n'ont pu être comparés valablement aux résultats des dernières. En effet, l'acquisition récente d'un matériel de laboratoire plus perfectionné (principalement dans le domaine de la stabilisation des températures de réaction) nous a permis d'effectuer les derniers dosages d'amylase dans de meilleures conditions de telle sorte qu'il est préférable de ne pas tenir compte des résultats obtenus antérieurement avec un matériel moins précis.

conservés à 14°C, soit (tabl. 10) en pourcentage de la perte après 1 an de conservation à 14°C et au laboratoire par rapport aux témoins, ceux-ci étant les échantillons conservés à — 30°C.

TABLEAU 10

Chute du taux d'amylase
(les échantillons conservés à — 30°C sont considérés comme témoins)

Références des échantillons		Perte %	
		Après 1 an	Après 1 an
59/62	A	— 4,5	C
	B	— 23,6	D
60/62	A	— 3,35	C
	B	— 23	D
61/62	A	— 0,6	C
	B	— 13,4	D
62/62	A	— 7,5	C
	B	— 16,8	D

La chute du taux d'amylase est beaucoup plus importante à la température ambiante qu'à la température de 14°C. En moyenne, pour la série *Erica*, le taux de destruction est supérieur de 28 p. 100 après 1 an et de 36 p. 100 après 2 ans au taux de destruction enregistré chez les miels conservés à 14°C. Il est de 16 p. 100 après 1 an pour la série « Lavande ». La perte à 14°C demeure faible (de 0,6 p. 100 à 7,5 p. 100 dans la série des miels de lavande).

On constate toujours une diminution de l'activité diastatique plus importante chez les miels de Bruyère.

Les pourcentages de destruction de l'amylase sont très voisins en ce qui concerne les miels pasteurisés.

9. — *Inhibine* (tabl. 2)

On enregistre une chute de la teneur en inhibine de 0,50 à 0,75 point après 1 an de conservation pour les miels de la série « *Erica* » et de 0,50 point pour les miels de la série « Lavande ». Aucun rapport précis ne peut être mis en évidence entre la perte d'inhibine et les températures de stockage pratiquées.

Ces pertes sont sensiblement les mêmes que celles produites par la pasteurisation mais leur importance réelle est faible. En effet, nous savons que les différences de teneur en inhibine d'un miel à un autre sont parfois beaucoup plus importantes.

Pendant la conservation, la perte d'efficacité du facteur antibiotique des miels pasteurisés est à peu près identique à celle observée chez les témoins non pasteurisés.

TABEAU II

Influence de la conservation sur l'inhibine des miels

Références des échantillons		Inhibine (note sur 5)					Inhibine (note sur 5)				
		Valeur initiale	Après 6 mois	Après 1 an	Après 2 ans		Valeur initiale	Après 6 mois	Après 1 an	Après 2 ans	
43/61	A	4,50		4	4	C		4	3,75	Après 2 ans	3,75
	B			4	4			D	3,75		3,75
44/61	A	4,75		4	4	C		4	3,75		3,75
	B			4	4			D	3,50		3,50
45/61	A	4,75		4	4	C		4	3,50		4
	B			4	4			D	3,50		3,50
51/61	A	4,75		4	4	C		4	3,75		4
	B			4	4			D	3,75		4
52/61	A	4,50		4	4	C		4	3,75		4
	B			4	4			D	3,75		4
42/61	A	4,25		4	4	C		3,50	3,75		3,25
	B			3,75	3,75			D	3		3
40/61	A	4,25		4	4	C		4	3,75		3
	B			4	4			D	3		3
59/62	A	4	4	3,50		C		4	4		
	B			3,50	4			D	3		3
60/62	A	4	4	3,50		C		3,50	3,50		
	B			3,50	4			D	3		3
61/62	A	4	4	3,75		C		3,25	3,50		
	B			3,50	4			D	3		3
62/62	A	4	4	3,50		C		3,50	3,50		
	B			3,50	4			D	3,25		3

DISCUSSION

L'ensemble des résultats obtenus permet un certain nombre de constatations générales. Au cours de son vieillissement à température plus ou moins élevée, le miel subit des transformations portant sur différents facteurs et que l'on peut classer de la façon suivante :

— *Augmentations constantes* : Intensité de la coloration, teneur en HMF, acidité libre.

— *Diminutions constantes* : Teneur en invertase, en amylase, en inhibine et en glucose.

— *Variations irrégulières* : Teneur en lactones et acidité totale.

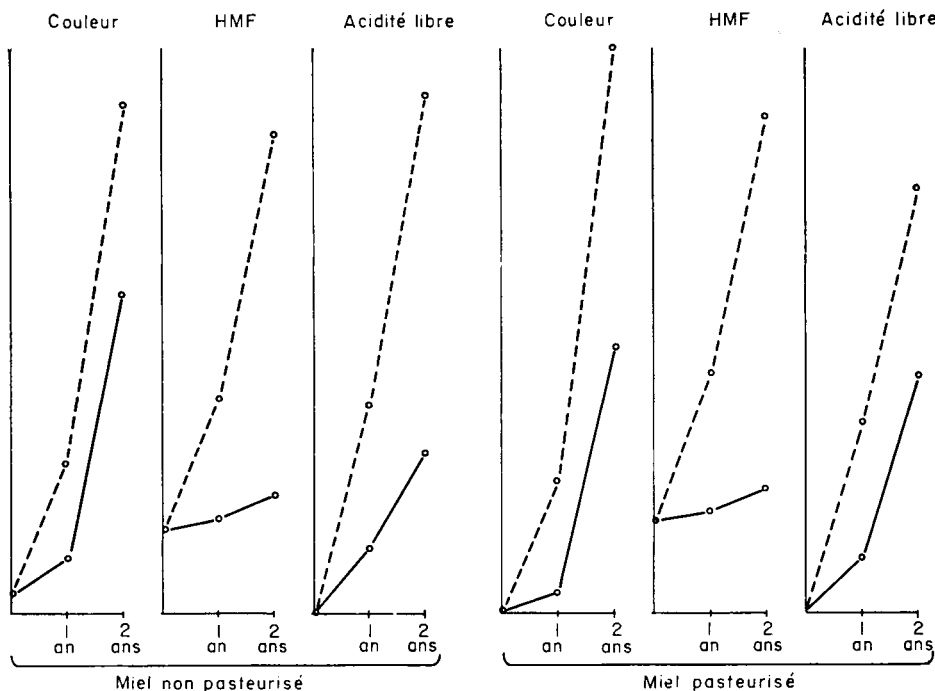


FIG. 1. — Augmentation moyenne de la couleur, de l'HMF et de l'acidité libre dans un miel de bruyère non pasteurisé et pasteurisé, en fonction du temps et de la température de conservation.

— — — — — température de conservation à 14°C.
 - - - - - température de conservation du laboratoire.

L'irrégularité des variations de l'acidité totale (et corrélativement des lactones) n'est pas explicable pour le moment.

Si nous considérons ensemble l'intensité de la coloration, la teneur en HMF et l'acidité libre, facteurs qui varient toujours dans le même sens, nous constatons que les variations sont régulièrement plus fortes au cours de la seconde année de conservation. Il n'y a pas de différence significative entre les miels crus et les miels pasteurisés (fig. 1).

La similitude de l'évolution des trois facteurs suggère une relation de cause à effet. L'augmentation du taux d'HMF dans les miels est en rapport avec l'acidité (en règle générale, l'HMF est un produit de dégradation des hexoses en milieu acide). On sait d'autre part (ROMANN et STAUB, 1961) qu'une partie de l'HMF présent dans les miels est formé à partir du lévulose et au cours de réactions très complexes (réaction de Maillard). Or ces réactions aboutissent précisément à la formation de substances mélanoidiques, pigments responsables du brunissement de nombreux matériaux organiques. Notons enfin sur la figure 1 que l'évolution des trois facteurs (couleur, HMF, acidité libre) dépend étroitement de la température de conservation du miel.

Nos résultats sont en accord avec ceux de De BOER (1934) et de MALLIK (1958) qui ont constaté un enrichissement spontané des miels en HMF au cours du vieillissement, ainsi qu'avec ceux de HADORN *et al.* (1962), et SHADE *et al.* (1956). Ils confirment nos résultats antérieurs (GONNET, 1963) et concordent avec ceux de WHITE *et al.* (1961) en ce qui concerne les variations de l'acidité libre des miels au cours de la conservation.

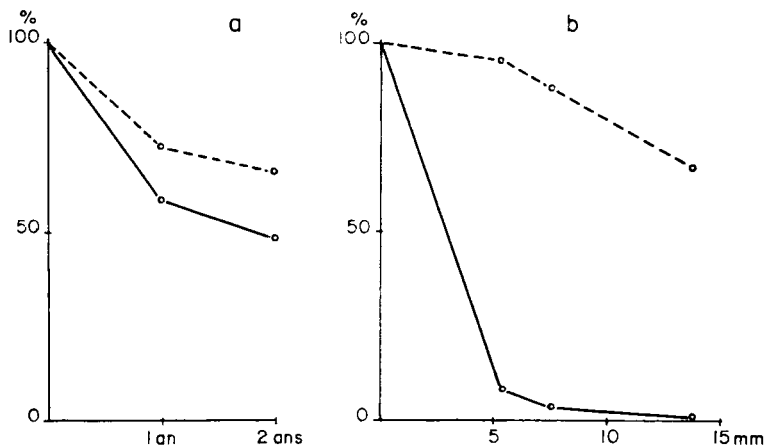


FIG. 2. — Comparaison de la destruction diastasique dans les miels en fonction du vieillissement et en fonction de la pasteurisation.

a) Destruction diastasique moyenne (après conservation au laboratoire des miels non pasteurisés : 43/61, 44/61, 45/61). Les témoins (réf. 100 p. 100) sont les mêmes échantillons pris à 14°C.

b) Destruction diastasique moyenne après pasteurisation à 78°C des miels 43/61, 44/61, 45/61.

———— chute p. 100 invertase.
 - - - - - chute p. 100 amylase.

Nos observations sur la chute générale de l'activité enzymatique des miels au cours de la conservation sont en accord avec les constatations antérieures de HADORN *et al.* (1962), ZALEWSKY (1963), WHITE *et al.* (1961). Quant à la diminution du taux de glucose, elle a été signalée par WHITE *et al.* (1961-1962) qui l'attribue à l'action de l' α -glucosidase du miel.

Sur le plan pratique, nos constatations nous amènent incontestablement à recommander le stockage du miel pendant de longues périodes à une température aussi basse que possible et, au moins, à 14°C. C'est à cette condition qu'on pourra éviter un enrichissement exagéré en HMF, une destruction plus ou moins totale des diastases et une prise de coloration importante, phénomènes qui sont toujours de nature

à faire perdre au miel une partie de sa valeur commerciale aux yeux de certains utilisateurs. On recommandera donc aux organismes appelés à stocker du miel de disposer de chambres froides de vaste capacité permettant de conserver le miel dans des conditions satisfaisantes. Cette recommandation est encore plus impérative orsque l'organisme en question procède à la pasteurisation des miels, opération dont le résultat est assez comparable à un vieillissement rapide (fig. 2) ; la cumulation du vieillissement naturel et de la pasteurisation peut, en effet, aboutir à des transformations relativement plus importantes qui seraient alors à la limite de ce que la loi en vigueur dans certains pays européens admet habituellement.

Reçu pour publication en juin 1964.

SUMMARY

CHEMICAL CHANGES IN THE COMPOSITION OF HONEY DURING STORAGE

The author had studied the changes taking place in various constituents of honey during storage at ordinary temperatures and at 14°C. During the course of aging the colour deepened and the hydroxymethyl furfural and free acid content increased, while total acidity and the lactones might follow different courses in different honeys. The pH did not change, while there was a reduction in glucose with reduced invertase, amylase and inhibine action. All reactions were greatly slowed down at 14°C. No differences were noted between the aging processes of pasteurized and non-pasteurized honeys.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DE BOER H. W., 1934. De invloed van den ouderdom op de samenstelling van Honig. *Chem. Weekblad*, **31**, 482-487.
- GONNET M., 1963. L'hydroxyméthylfurfural dans les miels. Mise au point d'une méthode de dosage. *Ann. Abeille*, **6**, 53-67.
- GONNET M., LAVIE P., LOUVEAUX J., 1964. La pasteurisation des miels. *Ann. Abeille*, **7**, 81-102.
- HADORN H., ZURCHER K., DOEVELAAR F. H., 1962. Ueber Wärme und Lagerschädigungen von Bienenhonig. *Mitt. Lebensmittel Hyg.*, **43**, 191-229.
- MALLIK A. K., 1958. Analysis of Indian honey. *J. Inst. Chem. India*, **30**, 171-173.
- ROMANN E., STAUB M., 1961. Hydroxymethylfurfural in Honig. *Mitt. Lebensmittel Hyg.*, **52**, 44-58.
- SHADE J., MARSH G. L., ECKERT J. E., 1956. Improved methods of determining diastase and hydroxymethylfurfural in honey and their relationship to the bacteriostatic quality of honey. *Proc. 10th Intern. Congr., Entomol.*, Montréal, **4**, 17-25.
- WHITE J. W., RIETHOF M. L., KUSHNIR I., 1961. Composition of honey. VI. The effect of storage on carbohydrates, acidity and diastase content. *Food. Research*, **26**, 63-71.
- WHITE J. W., RIETHOF M. L., SUBERS M. H., KUSHNIR I., 1962. Composition of american honeys. *U. S. Dept. Agr. Tech. Bull.* 1261.
- ZALEWSKY W., 1963. Aktywnosc Amylazy oraz Inwertazy w miodach krajowych. *Pszcz. Zesz. Nauk.* **7**, 41-48.