

ÉVOLUTION DE LA COULEUR DU MIEL LORS DE SA CRISTALLISATION

M. GONNET*, S. AUBERT**, P. FERRY**

* *Station de Zoologie et d'Apidologie, I.N.R.A., C.R.A. d'Avignon,
Domaine Saint Paul, 84140 Montfavet*

** *Station de Technologie des produits végétaux, I.N.R.A., C.R.A. d'Avignon,
Domaine Saint Paul, 84140 Montfavet*

RÉSUMÉ

La coloration des miels en phase semi-liquide, pâteuse et solide a été étudiée à l'aide de la méthodologie tristimulaire (C.I.E.). La technique utilisée repose sur la réflectométrie, dans des conditions d'examen conventionnelles, en cuve de verre rectangulaire placée sur une sphère intégratrice.

Un indice usuel de luminance est proposé à 650 nm, pour simplifier les mesures courantes en laboratoire.

Divers essais ont été réalisés à partir de miels de Lavande et de Tournesol, dont la prise en masse a été initiée par différentes qualités de miels de semences de même origine florale.

INTRODUCTION

Le miel fraîchement récolté et non traité demeure généralement liquide pendant un temps assez court de sa commercialisation. Il se solidifie ensuite et le consommateur n'apprécie pas toujours le nouveau produit. Néanmoins, une tendance actuelle du marché oriente vers des miels « cristallisés » (N.B.), à consistance pâteuse, facilement « tartinables », mais évoluant de façon souvent imprévisible vers des produits trop fermes. On maîtrise assez mal cette qualité d'un miel semi-solide, sur des critères objectifs, notamment de texture et de couleur. Une voie d'approche de ce problème apparaît avec la modification d'aspect du produit dont on pourrait quantifier les principales composantes de l'agrément visuel.

N.B. « cristallisation » : Ce terme discutable, retenu par les apiculteurs, peut être critiqué sur le plan fondamental des phénomènes de cristallisation « pure ».

Dans une publication précédente (AUBERT et GONNET, 1983), une méthodologie a été proposée en utilisant les techniques réflectométriques, avec l'expression de la coloration du miel par des mesures tristimulaires, tenant compte de la perception visuelle humaine, à partir du tracé spectrophotométrique. Si l'on sait évaluer sans trop de difficultés la couleur d'un miel en phase liquide et limpide, il n'en va pas de même lorsque la masse est opaque et pâteuse (WHITE, 1984).

Ces propriétés optiques doivent être précisées dans des conditions d'observations conventionnelles, mais aléatoires avec le caractère hétérogène d'un milieu semi-liquide ou mal solidifié (HUNTER, 1975). La photométrie de réflexion diffuse, malgré ses difficultés fondamentales, a permis de suivre les changements d'aspect et de texture de produits alimentaires divers ; c'est le cas des pâtes de viandes (GIRARD, SALE et SIMATOS, 1981) ou celui des phénomènes de coagulation du lait (HARDY, FANNI et WEBER, 1981).

Les phénomènes complexes de « cristallisation » du miel sont plus ou moins bien contrôlés par quelques pratiques connues des apiculteurs.

Toutefois, la qualité recherchée du produit fini dépend de la connaissance encore empirique et traditionnelle de chaque production, avec des variations de composition quelquefois importantes d'une année à l'autre (LOUVEAUX, 1985).

Cette solution concentrée de sucres, contenant beaucoup de glucose en sur-saturation, se prend en masse plus ou moins rapidement, selon l'origine et la préparation des miels. La solidification se développe avec des granulations fines ou grossières, dont la cohésion et la texture d'ensemble conditionnent fortement l'aptitude aux manipulations, ainsi que l'appréciation gustative.

L'amorce d'une évolution plus ou moins favorable est provoquée par divers facteurs :

— Les teneurs relatives en sucres, essentiellement : le glucose, puis le fructose (éventuellement des trisaccharides) et l'activité de l'eau sont prépondérants.

— Diverses amorces (cristaux primaires, grains de pollens, poussières, etc.) participent à la cristallisation (WHITE et MAHER, 1951). Mais la température joue un rôle important dans la vitesse de développement des agrégats, avec un optimum connu, situé autour de 14 °C (DYCE, 1975).

— Pratiquement, un rapport fructose sur glucose (F/G) faible et un rapport glucose sur eau (G/E) fort favorisent l'apparition et la multiplication des granulations. La richesse en glucose (G/E supérieur à 2) est le meilleur indice de l'aptitude à une solidification rapide. Peu d'exceptions à cette règle usuelle, sans qu'il soit possible de préciser si cette évolution, spontanée et naturelle, conduit à des produits de texture agréable.

L'apiculteur préfère souvent provoquer une « cristallisation dirigée » fondée sur le principe d'un ensemencement approprié favorisant une prise rapide et la multiplication d'agrégats très fins et plus homogènes dans la masse sirupeuse. La technologie préconisée reste très approximative et les moyens analytiques pour suivre le processus doivent être améliorés.

Dans un premier temps, notre objectif de recherche se limitera à chiffrer objectivement les modifications de la couleur du produit en fonction de la nature ou de la valeur du miel de semence utilisé. Ultérieurement, on peut envisager des mesures rhéologiques sur la consistance du miel, en relation avec les changements d'aspect.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

a) Préparation des essais

Deux miels de souches différentes sont utilisés :

1) Un mélange contenant 75 % de miel pur de lavande et 25 % de miel de tournesol (lot L.). En général, cette préparation se solidifie lentement et à grains fins.

2) Un miel provenant exclusivement du tournesol (lot T). La prise en masse spontanée de ce type de produit intervient très rapidement dans la pratique courante.

Les principales caractéristiques de composition des deux miels « souche » précédents sont précisées dans le tableau 1.

TABLEAU 1. — Principales caractéristiques de la composition chimique des 2 miels « souche »

TABLEAU 1. — Main characteristics of the chemical composition of both « strain » honeys

Miel Honey	Glucose (G) Dextrose	Fructose (F) Fructose	Eau (E) Water	Rapport F/G F/D ratio	Rapport G/E G/W ratio
Lavande Lavander	34,1	37,7	17,3	1,10	1,97
Tournesol Sunflower	38,6	38,9	18,0	1,00	2,14

Les miels de semence ont été sélectionnés dans la collection conservée par la Station d'Apiculture de Montfavet. Ils sont choisis de même origine que les deux lots constitués, lavande et tournesol respectivement. Les deux lots souches (L et T), déjà cristallisés, sont eux-mêmes séparés chacun en deux lots (LO et LA) et (TO et TA). LO et TO sont refondus par réchauffage (en étuve à 50 °C environ) jusqu'à disparition de tous les « cristaux apparents ». LA et TA sont réchauffés de la même façon, mais sans attendre une refonte totale. On laisse subsister quelques amorce opaques visibles et ceci dans des conditions voisines des pratiques courantes de refonte, avant conditionnement en petits récipients, à partir de miels stockés en fûts ou en containers plus grands dès la récolte.

Trois préparations sont ainsi réalisées en parallèle.

D'une part, avec les miels refondus de lavande :

— Lot L2 : le miel de la souche opaque LA est abandonné en prise en masse spontanée en chambre froide autour de 14 °C.

— Lot L3 : A une fraction du Lot LO limpide, on mélange à raison de 10 pour cent une semence ancienne, déstructurée, semi-liquide mais d'apparence homogène.

— Lot L4 : Dans les mêmes conditions (LO) que précédemment, la semence ajoutée est récente, de texture solide, à granulation fine.

D'autre part, des mélanges systématiques sont faits en partant du miel refondu de la même souche (LO).

Ces mélanges introduisent une proportion croissante (1, 5, 10 et 20 pour cent) de semence à grains homogènes et fins (lots LI, LII, LIII et LIV).

Enfin, avec le miel de la souche tournesol, on confronte quatre différents ensemencements.

Lots T1, T2, T3 et T4 : Ils sont préparés en ajoutant à 4 fractions aliquotes du lot TO parfaitement refondu, 10 pour cent de semences d'origines différentes :

- a) récente à texture solide, à granulation fine et homogène (T1) ;
- b) récente à texture pâteuse, à granulation fine et homogène (T2) ;
- c) ancienne, déstructurée, non homogène (T3) ;
- d) récente de texture solide, mais à granulation naturelle grossière (T4).

Lot T5 : miel de la souche TO abandonné jusqu'à la prise en masse spontanée.

Lot T6 : miel de la souche TA abandonné jusqu'à la prise en masse spontanée.

L'homogénéisation des miels liquides et de la semence est réalisée, dans une coupelle et à l'aide d'une spatule, à une température voisine de 25 °C. Toutes les préparations sont immédiatement coulées dans des cuves rectangulaires (60 × 30 mm) de 10 mm de trajet optique (plus l'épaisseur du verre de 2 mm). Le spectre initial est fait environ une à deux heures après l'ensemencement. Puis les cuves sont placées dans une enceinte à 14 °C. D'autres tracés suivent après 24, 48 heures et plusieurs jours, selon les essais.

Note : il est évident que toutes ces manipulations doivent être codifiées dans le processus de fabrication, notamment le mode et la vitesse d'agitation, l'appareillage et le conditionnement commercial utilisés.

b) Mesures de réflectométrie

Le spectrophotomètre BECKMANN, type DK 2A à double faisceau, utilisé dans nos précédentes mesures sur les miels liquides (AUBERT et GONNET, 1983) est muni d'une sphère intégratrice montée en réflexion totale et blanchie intérieurement à l'oxyde de magnésium. La cuve se place devant l'ouverture d'un diamètre de 20 mm. Le faisceau de référence est muni d'un étalon blanc en magnésium, de même que la face postérieure de la cuve de mesure. L'étalonnage du zéro de réflexion est conventionnellement fixé en intercalant le volet du faisceau échantillon avant l'entrée de la sphère.

Le spectre de réflexion de la cuve remplie de miel est tracé de 400 à 700 nm. Simultanément, il est stocké en 301 points (tous les nm) sur un micro ordinateur Commodore CBM 4032, équipé d'une table traçante CALCOMP, pour calculer et rapporter les données tristimulaires.

La couleur est exprimée en coordonnées chromatiques de la C.I.E. (Commission Internationale de l'éclairage). Le principe et les références de la méthodologie adoptée sont rapportés dans la publication précédente (AUBERT et GONNET, 1983).

c) *Evolution de la couleur des miels à la lumière*

Dans les précautions à prendre pour suivre l'évolution de l'aspect des miels avec sa prise en masse, il est nécessaire d'éliminer l'influence de la lumière, plus particulièrement le rayonnement U.V. du soleil. Les essais de préparation précédents (portés en étuve à 25 °C, puis à 14 °C) sont menés à l'obscurité, sauf pendant les brèves périodes de manipulations ou de mesures. Dans ce cas, les effets de ces phénomènes de dégradations de pigments s'avèrent négligeables.

Néanmoins, une altération de la couleur peut avoir une incidence très importante dans les conditions de la pratique commerciale. En effet, le contenu des bocaux en verre transparent exposés à l'étalage se décolore dans le temps. Cette observation est particulièrement sensible avec les miels de tournesol ayant une couleur jaune vive très attractive.

Les trois essais suivants ont été conduits dans diverses conditions expérimentales d'exposition à la lumière, à partir de notre souche de miel de tournesol TO, parfaitement refondu.

TS : miel exposé à la lumière du jour avec soleil.

TP : miel laissé dans la pénombre, avec une faible clarté naturelle.

TO : miel conservé à l'obscurité totale à 14 °C.

L'épaisseur du miel considérée est de 10 mm. L'exposition à la lumière et la conservation durent 2 mois, en cuve rectangulaire (60 × 30 × 10).

RÉSULTATS OBTENUS

1) *Evolution des spectres de réflexion avec l'ensemencement du miel*

D'une façon générale, la prise en masse entraîne généralement un éclaircissement du produit, avec une meilleure luminosité.

Les profils spectrographiques sont sensiblement modifiés selon le domaine de longueur d'onde considéré. Les *figures 1 et 1 bis* donnent deux exemples particulièrement significatifs, dans des conditions typiques avec deux ensemencements différents.

La *figure 2* donne, dans le cas des miels à dominante lavande, l'influence de la quantité de miel de semence ajoutée sur le plan de la chromaticité, les diagrammes tristimulaires ne donnent que la composante qualité de la couleur du miel. On observe la diminution de pureté (évolution vers le blanc), pour une teinte dominante sensiblement constante autour de 578 nm et semblable aux miels liquides vus dans une précédente étude.

L'ensemble de spectres obtenus ne pouvant être rapporté, on se limitera à considérer les valeurs ponctuelles données par la méthodologie tristimulaire. D'une façon encore plus sommaire, un indice usuel de luminosité est adopté par une mesure de réflexion à 650 nm (longueur d'onde choisie d'une manière discutable, mais en tenant compte des possibilités optiques des appareils les plus

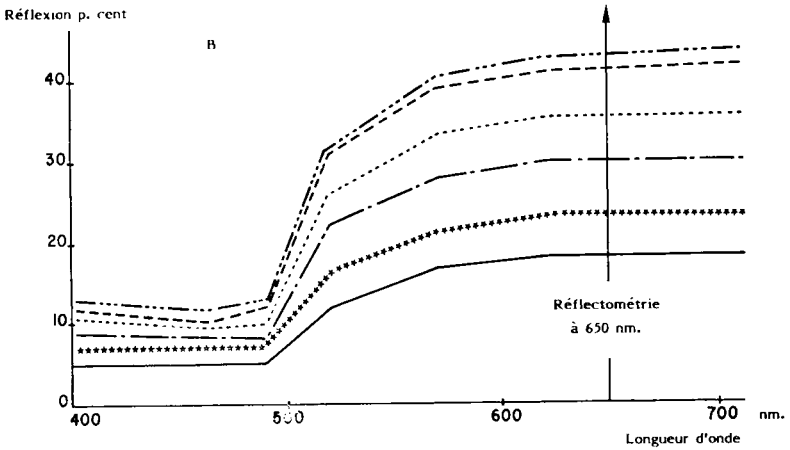
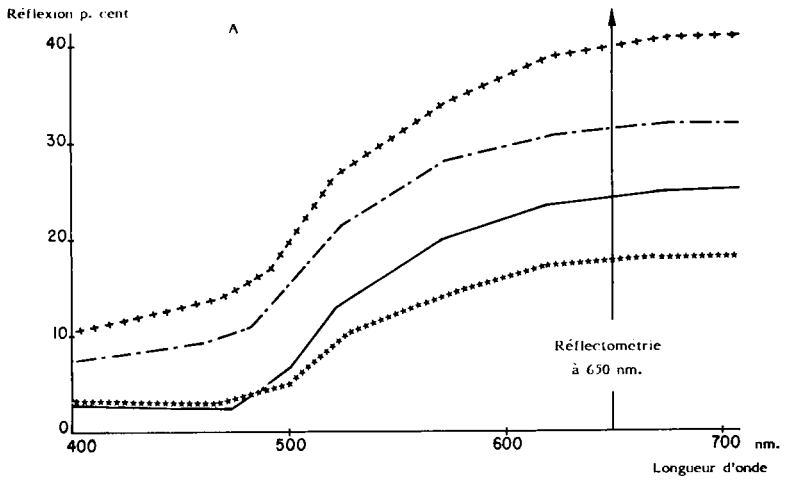


FIG. 1. — Evolution de la couleur d'un miel pendant la cristallisation.

- A. Miel de lavande ensemencé à 5 % (LII)
- B. Miel de tournesol ensemencé à 10 % (TI)

————— couleur initiale
 ***** après 2 jours
 - - - - - après 4 jours
 - - - - - après 7 jours

- - - - - après 11 jours
 - - - - - après 22 jours
 + + + + + après 35 jours
 - - - - - après 38 jours

FIG. 1. — Evolution of honey color when crystallizing.

- A. Lavender honey seeded at 5 % (LII)
- B. Sunflower honey seeded at 10 % (TI)
- X-axis : wave length ; Y-axis : reflection %

————— initial color
 ***** after 2 days
 - - - - - after 4 days
 - - - - - after 7 days

- - - - - after 11 days
 - - - - - after 22 days
 + + + + + after 35 days
 - - - - - after 38 days

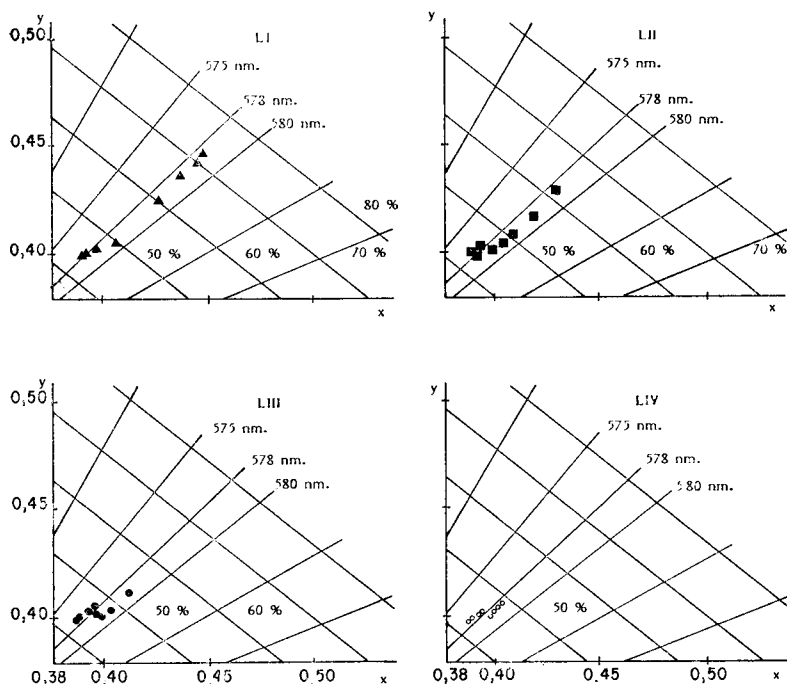


FIG. 2. — Diagramme de chromaticité d'un miel de lavandeensemencé avec 1 % (LI), 5 % (LII), 10 % (LIII) et 20 % (LIV) de miel finement cristallisé

FIG. 2. — Chromaticity diagram of a lavender honey seeded with 1 % (LI), 5 % (LII), during crystallization of a seeded lavender honey

courants). La luminance (y %), troisième composante de la couleur dans les coordonnées chromatiques spatiales, correspond à un ensemble de longueurs d'onde sélectionnées centrées autour de 550 nm (bande d'absorption complémentaire d'un filtre vert). Elle est en étroite corrélation évidente (figure 1 et 1 bis) avec l'indice de réflexion monochromatique mesurée à 650 nm. Il apparaît que cette mesure ponctuelle présente un intérêt pratique pour suivre le phénomène observé, dans des conditions usuelles beaucoup plus simples, avec une bonne sensibilité des mesures dans l'absorption vers le rouge.

La figure 3 regroupe différents essais systématiques d'ensemencement des miels en ne considérant que la composante quantitative de luminance, évaluée à 650 nm. L'évolution de luminosité réfléchie est très sensible, en fonction notamment de la quantité de semence utilisée. On peut suivre la cinétique d'éclaircissement des miels avec le temps. Théoriquement, la technique de réflexion diffuse adoptée permet de repérer la fin de cristallisation intervenant environ après 18 jours, sans agitation du milieu, avec seulement 5 % de semence ajouté.

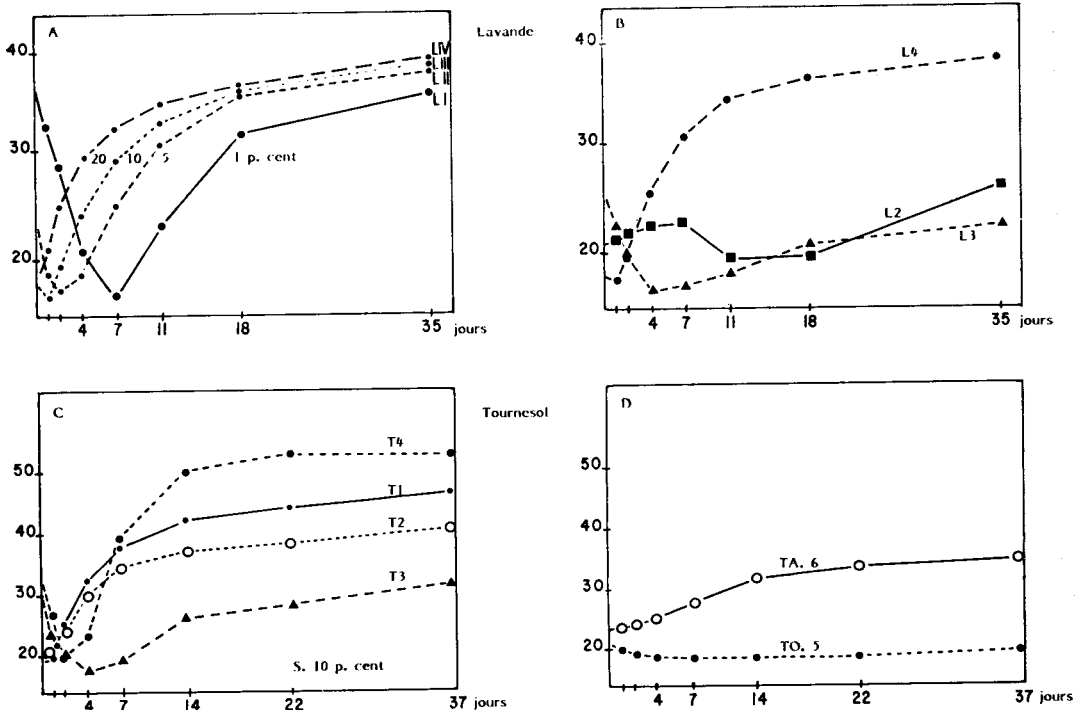


FIG. 3. — Evolution de la couleur du miel pendant la cristallisation (réflectométrie à 650 nm)

A. Miel de lavande liquide ensencé avec 1 % (LI), 5 % (LII), 10 % (LIII) et 20 % (LIV) de miel finement cristallisé.

B. Miel de lavande : refondu et abandonné en recristallisation spontanée (L2), mélangé avec 10 % de semence ancienne (L3), récente (L4).

C. Miel de tournesol liquide mélangé à des semences de qualités différentes : granulation fine (T1), texture pâteuse (T2), ancienne et déstructurée (T3), récente et à grains grossiers (T4).

D. Miel de tournesol en recristallisation spontanée, après refonte partielle (TA6), après refonte totale (TO5).

FIG. 3. — Evolution of honey color when crystallizing (reflectometry at 650 nm)

A. Liquid lavender honey seeded with 1 % (LI), 5 % (LII), 10 % (LIII) and 20 % (LIV) of finely crystallized honey.

B. Lavender honey : remelt then let to spontaneous recrystallization (L2), mixed with 10 % of old (L3) or Late (L4) seed.

C. Liquid sunflower honey mixed to seeds of different quality : fine granulation (T1), pasty texture (T2) old and destructured one (T3), late and coarse-granulated one (T4).

D. Spontaneously recrystallizing sunflower honey after partial (TA6) and complete (TO5) remelting.

Une quantité supérieure apparaît superflue, mais un ensemencement insuffisant modifierait sans doute l'aspect du produit final.

Dans des conditions industrielles ou artisanales courantes, ces données expérimentales seront à revoir.

Toutefois, il faut noter un approfondissement (ou assombrissement) de la couleur pendant le passage en phase semi-liquide ou légèrement pâteuse. L'interprétation de ce phénomène, dans des conditions d'observation définies, peut avoir un intérêt pour le conditionnement et l'attractivité visuelle des produits commerciaux évoluant dans le temps.

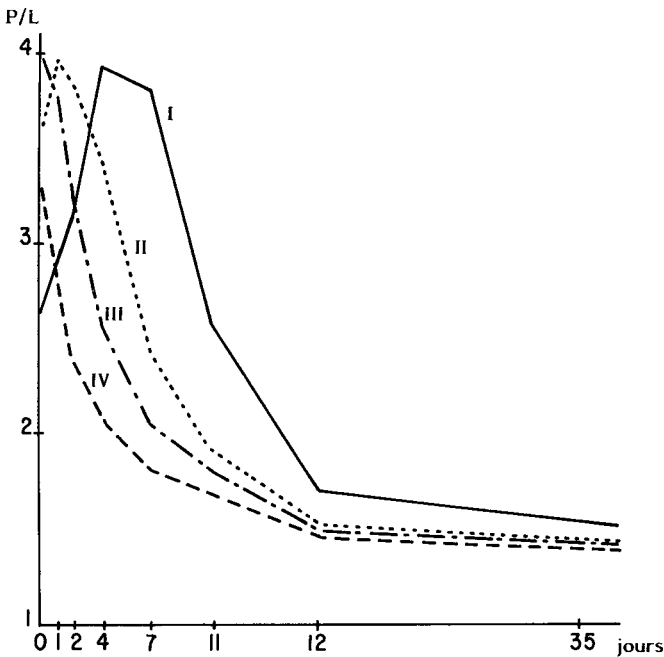


FIG. 4. — Evolution du rapport pureté/luminance (P/L) durant la cristallisation d'un miel de lavande ensemencé.

- avec 1 % de miel finement cristallisé (I)
- avec 5 % de miel finement cristallisé (II)
- avec 10 % de miel finement cristallisé (III)
- avec 20 % de miel finement cristallisé (IV)

FIG. 4. — Evolution of the purity/luminosity brightness ratio during crystallization of a seeded lavender honey.

- seeded with 1 % of a finely crystallized honey (I)
- seeded with 5 % of a finely crystallized honey (II)
- seeded with 10 % of a finely crystallized honey (III)
- seeded with 20 % of a finely crystallized honey (IV)

Dans les autres diagrammes de la figure 3, on note aussi l'influence de la qualité de la semence mélangée au miel sur l'allure des courbes et les niveaux de luminance atteints 35 jours après l'ensemencement initial.

La figure 4 rapporte l'évolution du rapport (P/L), pureté de teinte sur luminance (L ou y %), utilisé dans notre précédente étude sur les miels liquides, ceci pour suivre l'influence d'un ensemencement systématique en proportion croissante. Cette cinétique schématise l'évolution de la couleur en ne tenant compte que des deux principales composantes des coordonnées tristimulaires. On suppose ainsi que la longueur d'onde dominante reste la même et voisine de 578 nm. On sait déjà que ce mode d'expression des résultats s'avère très révélateur des différences visuelles colorimétriques de miels liquides d'origines florales très diverses. Il peut permettre aussi de discriminer des miels plus ou moins solidifiés, dans le cas typique (notamment celui à 1 %) des miels ensemencés en proportion relativement faible de germes.

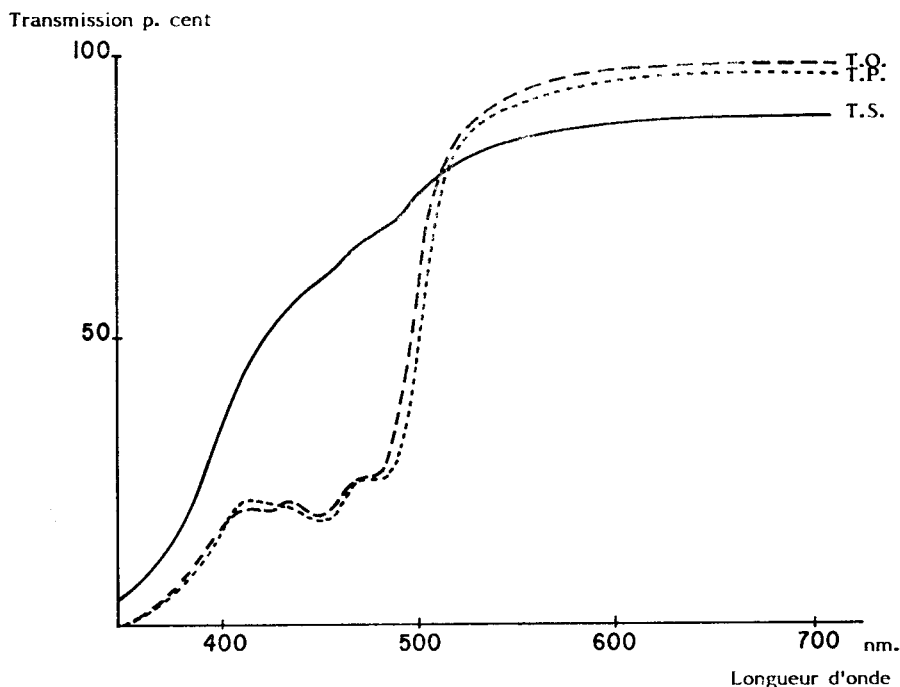


FIG. 5. — Influence de la lumière sur la couleur d'un miel de tournesol exposé pendant 2 mois à l'obscurité totale à 14 °C (TO), dans la pénombre avec une faible clarté ambiante et à la température du laboratoire (20 °C) (TP), au rayonnement solaire direct (TS)

FIG. 5. — Action of light on the color of a sunflower honey stored during 2 months in full darkness at 14 °C (TO), in semi-darkness with a faint ambient light at laboratory temperature (20 °C) (TP), in direct sunshine (TS)

2) *Evolution de la couleur des miels à la lumière*

La figure 5 révèle sur les spectres de transmission, la dégradation des pigments jaunes d'un miel de tournesol à l'état liquide, sous l'effet de la lumière solaire, dans un récipient en verre blanc transparent. On remarque, sur le tableau de coordonnées tristimulaires que les miels conservés à l'obscurité et à la pénombre ont des caractéristiques chromatiques voisines, alors que le miel exposé à la lumière directe du soleil, pendant 2 mois, est fortement dégradé au niveau de sa pigmentation. On peut supposer que ce phénomène sera moins sensible sur des miels solidifiés et opaques. Cette évolution de la qualité visuelle, sensible pour les miels de tournesol, pourrait être liée avec d'autres propriétés alimentaires (GONNET, 1984).

TABL. 2. — *Coordonnées chromatiques correspondant à la Fig. 5*TABL. 2. — *Chromatical coordinates relating to Fig. 5*

Convention C.I.E.	Longueur d'ondes dominante Dominant wavelength L.O.D.	Pureté Purity P %	Luminance Luminosity Brightness L %	Facteur Ratio P/L
TO	574	61,1	84,8	0,72
TP	574,3	61,2	83,5	0,73
TS	573,5	18,6	83,1	0,22

INTERPRÉTATION ET CONCLUSION

Il est possible de suivre l'évolution de texture d'un miel en mesurant les changements de son aspect. On traduit ainsi le nombre et la structure des granulations apparaissant dans le milieu pâteux. Quelques réserves sont à faire quant à l'extension de cette technique à tous les problèmes qui peuvent se poser dans la présentation et le conditionnement de cette denrée sous de multiples formes commerciales : bocaux en verre ou emballages plastiques transparents.

Les principales critiques tiennent au caractère conventionnel et quelquefois arbitraire de la méthodologie tristimulaire selon la technique adoptée. Les conditions d'observation sont codifiées au niveau de la source lumineuse (source C = lumière du jour d'un ciel couvert, selon la terminologie de la C.I.E.). Elles sont discutables pour l'étalage en lumière artificielle (néon). De plus, les récipients reçoivent l'énergie lumineuse de façon très aléatoire selon l'environnement optique. Les résultats chiffrés auraient été très différents de ceux rapportés en travaillant,

par exemple, en couche plus mince ou plus profonde dans la masse semi liquide. De même, l'ouverture de la fenêtre d'observation joue un rôle important (HUNTER R.S., 1975).

Toutefois, la méthodologie proposée offre une voie d'approche directe des modifications d'aspect, relativement accessibles sur le plan instrumental (colorimètre muni d'une sphère d'Ulbricht ou d'un dispositif de réflexion totale et diffuse).

Elle montre la possibilité de suivre l'évolution de la couleur des miels en se limitant à une bande de radiations lumineuses voisine de 650 nm, ceci en sensibilisant les mesures des phénomènes de modification des états de surface optique des miels. Ainsi, on confirme par un critère objectif, sur un échantillonnage particulier, l'aptitude du miel de tournesol à une prise en masse rapide, relativement à celui de lavande demeurant plus longtemps liquide.

On peut rationnellement contrôler la cristallisation des miels à l'aide d'un ensemencement suffisant de l'ordre de 5 % dans nos essais statiques à l'échelle du laboratoire. La quantité et la qualité du miel d'ensemencement utilisé s'avèrent très importantes, mais avec la réserve nécessaire due au facteur mécanique de dispersion dans le milieu. Le mode et la vitesse d'agitation ont certainement un rôle majeur à jouer dans les préparations à l'échelle commerciale, le facteur limitant pouvant être l'apparition d'émulsions plus ou moins favorables. Toutefois, dans les conditions de travail que nous avons retenues, mélange de la semence et du miel à 25 °C, la multiplication des agrégats est sans doute négligeable pendant le brassage. Les semences à granulations fines, de structures fermes et homogènes sont les meilleures.

Dans la pratique technologique courante lorsque l'on refond un miel, il est préférable de le réensemencer très rapidement avant la coulée dans les récipients commerciaux. Cela permet d'éviter la reprise en masse spontanée ; cette solidification, considérablement ralentie s'édifie, bien souvent en structures grossières et hétérogènes (exemples L2, T5 et T6).

Sur un plan analytique, on peut conclure en préconisant des mesures réflectométriques usuelles autour de 650 nm pour suivre ce phénomène de prise en masse. Néanmoins un retour à la méthode de référence de la C.I.E., utilisant le facteur luminance y % associé aux diagrammes de chromaticité (x , y), peut être nécessaire s'il faut tenir compte de la dégradation de pigments jaunes à la lumière. Cette observation est particulièrement valable dans le cas des miels de tournesol. Dans la confrontation de miels pâteux ou solides sélectionnés, on peut aussi se limiter en mesurant le critère discriminant : *rapport pureté sur luminance*, déjà envisagé dans la couleur des miels liquides d'origines florales différentes.

Reçu pour publication en juin 1985.

Accepté pour publication en octobre 1985.

ZUSAMMENFASSUNG

DIE ENTWICKLUNG DER FARBE DES HONIGS WÄHREND SEINER KRISTALLISIERUNG

Die Farbe des Honigs entwickelt sich im Laufe seiner Vermarktung durch zwei Prozesse, die in der Praxis mehr oder weniger gut kontrolliert werden. Einerseits führt die Kristallisation zu einer Änderung der Helligkeit des Produktes, während gleichzeitig der Hauptfarbton nur wenig verändert wird. Andererseits hat die ultraviolette Strahlung des Sonnenlichtes, manchmal auch diejenige der Neonlampen im Schaufenster, eine Zerstörung der gelben Pigmente zur Folge, besonders im Falle der besonders begehrten Sonnenblumenhonige. (Abb. 5, Tab. 2).

Die Kinetik dieser Entwicklung kann unter den Bedingungen konventioneller Optik verfolgt werden, mit Hilfe der Methode einer dreifachen Messung, die in einer früheren Arbeit über die Färbung flüssiger Honige empfohlen wurde. Die verwendete Technik beruht auf einer Reflektometrie mit strenger Festlegung der Beobachtungsbedingungen, durchgeführt in einem Glasgefäß, das auf eine integrierende Kugel aufgesetzt wird. (Abb. 1 und 2).

Die Versuche wurden mit Impfhonigen verschiedener Qualität und Quantität an zwei verschiedenen Honigherkünften durchgeführt : Sonnenblumen und Lavendel. Es konnte ein Weg gezeigt werden, mit objektiven Kriterien die Veränderungen des Aussehens im Verlaufe der Zeit zu verfolgen (Abb. 3). Es werden gebräuchliche Indices vorgeschlagen, vor allem die Reflektometrie bei 650 nm, um diese Untersuchungen über die Kristallisation zu erleichtern.

Im allgemeinen ruft die langsame Erstarrung des Honigs eine vorübergehende Verdunkelung der Farbe (Verringerung der Helligkeit) hervor, die nach einigen Tagen von einer Aufhellung gefolgt wird, die durch eine verstärkte Leuchtkraft angezeigt wird, gepaart mit einer verringerten Reinheit der Farbe (Abb. 4). In der Praxis führt eine Impfung mit weniger als 10 % eines feinen, erst kürzlich kristallisierten Impfhonigs zu einem Produkt mit hellerer Farbe und einer homogenen, feinkörnigen Beschaffenheit für einen neuen, an « streichfähigen » Honigen interessierten Markt.

SUMMARY

EVOLUTION OF HONEY COLOR WHEN CRYSTALLIZING

Honeys color changes while commercialized according to 2 more or less well controlled processes. On the one hand, when honey solidifies luminosity varies, though the dominant color is not affected. On the other hand, ultraviolet irradiations of light, and possibly of fluorescent lamps, damage yellow pigments, particularly in highly attractive sunflower honey. (Fig. 5 and Tabl. 2).

The kinetics of this evolution can be followed by conventional optical conditions, i.e. the tristimulatory methodology, recommended in a previous study on liquid honey coloration. The technique is based on reflectrometry, using a strict codification of observation conditions, in a glass container placed on a spheric integrator. (Fig. 1 and 2).

The tests conducted with various qualities and quantities of seed honey for 2 different strains, sunflower and lavender, demonstrate the possibilities of following aspects of variation using objective criteria (Fig. 3). Usual indexes are proposed, particularly by 650 nm reflectrometry to make these studies on crystallization easier.

More generally, slow solidifications induce a temporary darkening of coloration (decrease of luminosity). The honey clears again within a few days, and shows a greater luminosity associated with a weaker color purity (Fig. 4). Practically, a sufficient seeding, even below 10 per cent of a fine seed from a recent solidification, leads to products with a whiter appearance ; their homogenous and fine-grained texture seems to be valuable on the new honey cream market.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT S., GONNET M., 1983. — Mesure de la couleur des miels. *Apidologie*, **14** (2), 105-118.
- DYCE E.J., 1975. — Producing fineley granulated on creamed Honey. In E. CRANE, *Honey*. Heinemann. London, 293-306.
- GIRARD J.P., SALE P., SIMATOS D., 1981. — Contribution à l'étude de la structure des pâtes fines. *Sciences des aliments*, **1** (3), 329-344.
- GONNET M., 1984. — Un miel de soleils. *Rev. Franc. Apiculture*, **10**, 483-485.
- HARDY J., FANNI J., WEBER F., 1981. — Etude de la coagulation du lait par photométrie de réflexion diffuse. *Sciences des aliments*, **1** (3), 351-354.
- HUNTER R.S., 1975. — *The measurement of appearance*. John Wiley et Sons. Ed. New York, 343 p. (chap. 15, p. 261).
- LOUVEAUX J., 1985. — Le miel (dossier). *Cah. Nutr. Diet.*, **20** (1), 57-70.
- WHITE J.W., MAHER J., 1951. — Detection of incipient granulation in honey. Instrument color classification of honey. *Amer. Bee J.*, **91**, 376-377.
- WHITE J.W., 1984. — Instrument color classification of honey : collaborative studies. *J. Assoc. of Anal. chem.*, **67** (6), 1129-1131.