

LE MIEL

I. Du nectar au miel

Le miel produit par les abeilles de l'espèce *Apis mellifera* (l'abeille domestique) peut provenir de deux sources mellifères distinctes : le nectar ou le miellat (et non le pollen, contrairement à ce qui est couramment pensé).

Le nectar, qui est en général la source principale du miel, est le liquide sucré sécrété par les glandes, dites nectarifères, présentes sur de nombreuses plantes.

II. Composition du nectar

Le nectar est un mélange chimique complexe constitué d'eau, de sucres ainsi que d'autres substances (protéines, lipides, minéraux etc.). Dans la majorité des nectars floraux, les sucres constitutifs sont le glucose, le fructose et le saccharose. Leurs proportions relatives sont propres à chaque espèce végétale.

a. Eau

Contrairement à ce que l'on pourrait croire, c'est le phloème et non pas le xylème qui apporte l'eau aux fleurs et à certains organes.

b. Sucres

En fonction des plantes étudiées et selon les auteurs, le nectar contient entre 90% et 99% de sucres dans la matière sèche.

Les principaux sucres du nectar sont le glucose, le fructose et le saccharose. Leur proportion respective varie selon l'origine florale, plus précisément selon le processus de sécrétion des nectaires.

III. Maturation du nectar en miel

La maturation du nectar en miel consiste en une transformation des sucres et une diminution de la teneur en eau. Elle commence dès la récolte du nectar par l'abeille, se poursuit lors du stockage dans la ruche et même un peu après la récolte du miel

par l'apiculteur.

En moyenne, la maturation du miel est de 2 à 5 jours. Elle dépend :

- de la teneur en eau initiale lors de l'emmagasinement du miel dans les alvéoles,
- de la quantité de miel présente dans les cellules
- de la température et du degré d'humidité de l'air à l'intérieur de la ruche
- de la place dont les abeilles disposent dans la ruche.

Lorsque la butineuse rentre dans la ruche, elle régurgite de son jabot le liquide récolté et le transmet à d'autres ouvrières par la gouttière linguale.

Des échanges successifs entre abeilles vont permettre un enrichissement de ce liquide en enzymes et sa déshydratation.

Quand la teneur en eau de la goutte de matière première est de 40 à 50%, elle est déposée dans une alvéole.

Lors d'une récolte très abondante, la matière première subit peu de passages d'une abeille à l'autre et est assez rapidement entreposée.

Lors des récoltes modérées, le processus de maturation a lieu pendant plus longtemps.

Les sucres caractéristiques du miel mûr apparaissent suite à différentes réactions enzymatiques.

Les enzymes apportées par la salive (en particulier l'invertase) hydrolysent le saccharose en glucose et fructose. Cette réaction d'hydrolyse est appelée "inversion du saccharose"

Une autre enzyme appelée glucose-oxydase catalyse l'oxydation de certaines molécules de glucose en acide gluconique, ce qui confère au miel son acidité. Lors de cette réaction, du peroxyde d'hydrogène est également produit.

La déshydratation subie par le nectar en cours de maturation s'explique par le fait que son degré hygroscopique soit plus élevé que celui de la ruche. Les abeilles y maintiennent en effet une température élevée (proche de 35°C) ce qui diminue le taux d'humidité.

Puis commence la phase de d'évaporation passive de l'eau qui dure 1 à 3 jours pendant lesquels les abeilles ventilent les cadres par un mouvement rapide des ailes

Puis commence la phase de d'évaporation passive de l'eau qui dure 1 à 3 jours pendant lesquels les abeilles ventilent les cadres par un mouvement rapide des ailes pour amener la teneur en eau à environ 18%, qui est la teneur idéale.

Lorsque le miel est mature et qu'il a atteint un faible degré d'humidité, la glucose-oxydase devient inactive et le produit se stabilise. Les abeilles cirières operculent l'alvéole à l'aide d'une fine couche de cire, imperméable à l'air, ce qui permet une longue conservation du miel.

Le miel

Le miel se définit comme une " substance sirupeuse et sucrée, de couleur ambrée, que les abeilles élaborent dans leur jabot avec le nectar des fleurs ou d'autres matières végétales, et qu'elles dégorge dans les alvéoles des rayons pour la nourriture de leur communauté".

I. Définition légale

Réglementairement, est de ce fait le miel est "la substance sucrée naturelle produite par les abeilles de l'espèce *Apis mellifera* à partir du nectar de plantes ou des sécrétions provenant de parties vivantes des plantes ou des excréments laissés sur celles-ci par des insectes suceurs, qu'elles butinent, transforment, en les combinant avec des matières spécifiques propres, déposent, déshydratent, entreposent et laissent mûrir dans les rayons de la ruche. A l'exception du miel filtré, aucun pollen ou constituant propre au miel ne doit être retiré, sauf si cela est inévitable lors de l'élimination de matières organiques et inorganiques étrangères".

Le miel est donc, par définition, un produit 100% naturel, l'homme n'intervenant absolument pas dans sa fabrication proprement dite.

On distingue en général les miels destinés à la consommation de ceux destinés à l'industrie. Le miel destiné à des fins industrielles, en tant qu'ingrédient dans d'autres denrées alimentaires destinées à être transformées, peut présenter un goût étranger ou une odeur étrangère, avoir fermenté ou avoir été chauffé.

II. Composition du miel

Les principaux constituants chimiques du miel sont proches de ceux du nectar : l'eau, les glucides (monosaccharides tels que le glucose et le fructose ou polysaccharides tels que le maltose, le saccharose,), les acides organiques, les protides et les matières minérales.

Le miel contient également les enzymes provenant des sécrétions salivaires de l'abeille : la diastase ou amylase (qui provoque la dégradation de l'amidon en dextrine puis en maltose) et l'invertase (qui provoque la scission du saccharose en fructose et en glucose).

On y trouve aussi des vitamines, des arômes, des lipides, du glycérol (résultat d'une fermentation) , des grains de pollens, des levures, des grains d'amidon, des spores de champignons, des algues, etc.

Enfin, le 5-hydroxy-2-méthylfurfural (HMF) est un composant retrouvé systématiquement à l'état de traces dans le miel. Il provient de la dégradation du fructose et est un excellent indicateur de qualité.

Le miel doit, dans la mesure du possible, être exempt de matières organiques étrangères à sa composition (particules de cire, résidus ou contaminants).

Les caractéristiques légales de la composition d'un miel destiné à la consommation humaine sont les suivants :

a. Eau

La teneur en eau varie entre 14% et 25% selon les miels. L'humidité du miel favorisant sa fermentation, nous verrons que pour que un miel de fleurs se conserve plus de 2 ans, il ne faut pas que sa teneur en eau dépasse 18%. Le législateur a fixé une limite à 20% d'humidité pour la majorité des miels.

b. Glucides

Selon les miels, les glucides représentent 90 à 99% de la matière sèche. Les principaux sucres constitutifs du miel sont le fructose et glucose. De nombreux autres sucres sont également présents dans le miel, en plus faible quantité.

Certains sont d'origine purement végétale (ils entrent dans la composition du nectar ou du miellat) : le glucose, le fructose, le saccharose, le kestose, le mélézitose et le

raffinose. D'autres, tels que le maltose, l'isomaltose, l'erlose et le dextrantriose, apparaissent seulement comme des produits secondaires après transformation par les enzymes de l'abeille.

c. 5-hydroxy-2-méthylfurfural (HMF)

L'HMF est un composé organique dérivé de la déshydratation du fructose. Ni les nectars ou miellats, ni les miels frais n'en contiennent.

Cette molécule apparaît au cours du processus de vieillissement naturel du miel. Ce processus est accéléré si les miels sont chauffés ou s'ils sont très acides. L'analyse de la quantité d'HMF est donc une excellente méthode pour apprécier la qualité du miel : son vieillissement et son chauffage.

- En général et à l'exception du miel destiné à l'industrie, le seuil maximal est de 40 mg/kg,

d. Acides

Les miels contiennent des acides organiques (dont certains sont volatils), ainsi que des lactones. Leur provenance est diverse : certains sont issus du nectar directement, d'autres sont le fruit de réactions enzymatiques et de fermentations.

Les acides identifiés dans le miel sont : l'acide gluconique (constituant acide majoritaire, issu du glucose), les acides butyriques, l'acide acétique, l'acide formique, l'acide lactique, l'acide succinique, l'acide proglutamique, l'acide malique et l'acide citrique.

e. Protides

Les miels convenablement récoltés sont pauvres en protéines, la source de protéine dans la ruche étant le pollen. Quelques traces de pollen sont cependant inévitables et participent d'ailleurs à son identification florale.

Seul le miel de bruyère *Calluna* contient une protéine particulière, responsable de l'évolution de sa viscosité au cours du temps.

f. Sels minéraux

La teneur en sels minéraux d'un miel est en général faible, avec d'importantes variations : les miels foncés en contiennent plus que miels clairs

g. Vitamines

Le miel contient une quantité infime de vitamines, probablement issues des quelques graines de pollen qu'il renferme.

Le miel de menthe (*Mentha aquatica*) a la particularité de contenir de la vitamine C (ou acide ascorbique).

h. Enzymes

Les enzymes contenues dans le miel sont de deux origines : végétale et animale. Le nectar contient des enzymes produites par des nectaires de la plante. Les abeilles y ajoutent des enzymes provenant de leurs glandes salivaires.

Deux enzymes sont étudiées particulièrement : l'invertase, qui provoque la scission du saccharose en fructose et en glucose, et l'amylase (couramment appelée diastase), qui provoque la dégradation de l'amidon en dextrine puis en maltose.

On trouve également une catalase, une phosphatase et une glucose-oxydase. Cette dernière transforme le glucose en acide gluconique, principale acide du miel (comme nous l'avons vu dans le paragraphe sur la maturation du miel).

L'activité enzymatique du miel est utilisée comme indicateur de chauffage du miel. D'un point de vue légal, un miel ne doit, en effet, pas être chauffé au point que ses enzymes naturelles soient détruites ou considérablement inactivées. Or cette destruction est proportionnelle au temps et à la température de chauffage.

Légalement, l'indice diastasique d'un miel doit être supérieur à 8, à l'exception des miels destinés à l'industrie. Pour les miels ayant une faible teneur naturelle en

enzymes (par exemple les miels d'agrumes) et une teneur en HMF inférieure à 15 mg/kg, l'indice diastasique doit être supérieur à 3.

i. Colloïdes

La teneur en colloïdes varie entre 0,1 et 1%. Ils sont constitués principalement par des protéines, des substances cireuses, des pigments, des pentosanes et diverses autres substances.

j. Substances aromatiques et composés phénoliques

Les **substances aromatiques** sont, comme leur nom l'indique, à l'origine de l'arôme du miel. Seules quelques unes ont été identifiées, notamment l'anthranilate de méthyle, le diacétyl, le formaldéhyde, l'acétaldéhyde, l'acétone et l'isobutyraldéhyde

Les **composés phénoliques** sont retrouvés principalement dans la propolis, car ils proviennent souvent des sécrétions de bourgeons et autres exsudats des plantes. Quelques études en parlent cependant en tant que composants du miel.

On en distingue trois familles : les acides benzoïques, les acides cinnamiques et les flavonoïdes. Leur composition dans le miel varie elle aussi avec l'origine florale

Certains phénols participent à l'arôme au même titre que les substances terpéniques (caractéristiques de la lavande ou du sapin) ou d'autres composés à noyau aromatique d'origine naturelle, tel les acides phénylacétique et benzoïque (abondants dans certains miels). Certains composés phénoliques sont impliqués dans les qualités organoleptiques du miel. Les substances phénoliques interviennent également sur la couleur du miel : la couleur jaune, par exemple, est liée aux flavonoïdes.

Ces substances phénoliques possèdent certaines activités biologiques intéressantes : germicide, bactériostatique et anti-inflammatoire

III. Propriétés du miel

a. Propriétés nutritives

Le miel étant composé de sucres simples, il est facilement assimilé par l'organisme : il passe dans le sang très rapidement et la glycémie décroît ensuite lentement.

b. Propriétés thérapeutiques

Le miel est doué d'un pouvoir bactériostatique important, de par sa haute teneur en sucre (plus de 95% de la matière sèche), sa faible teneur en eau libre (0.50 à 0.62%) et en humidité (14 à 20%), son acidité et la présence de substances à activité antibactérienne .

IV. Conservation du miel

a. Evolution du miel

Lors de sa conservation sur de longues périodes, le miel subit des modifications de sa composition chimique. Sa coloration devient plus intense. Son taux d'HMF augmente avec une évolution plus rapide dans la 2^{ème} année de conservation. L'acidité libre augmente. La teneur en glucose diminue, tout comme les activités enzymatiques. Ces phénomènes sont ralentis lorsque le miel est conservé à une température aux environs de 14°C.

b. Fermentation et pasteurisation

Le miel a une tendance naturelle à fermenter s'il n'est pas conservé au sec et de manière hermétique. Lors de la fermentation, les qualités organoleptiques du miel et ses propriétés sont détériorées.

c. Cristallisation

Dans les conditions naturelles, tous les miels finissent par cristalliser dans un laps de temps plus ou moins court, du fait de leur sursaturation en sucre. La cristallisation dépend de la composition du miel, et par conséquent de son origine florale.

➤ Facteurs de variation de la cristallisation

❖ Composition en sucres

Un rapport fructose sur glucose faible favorise l'apparition et la multiplication des granulations et entraîne une cristallisation rapide du miel. Ceci s'explique par le fait que le fructose est presque deux fois plus soluble que le glucose.

❖ **Humidité**

Légalement, un miel ne doit pas contenir plus de 20% d'eau. Il n'y a pas bien sûr, de minimum légal. Il est possible, (mais très rare) d'obtenir des miels qui approchent les 14% d'humidité seulement. Il faut cependant tenir compte de l'hygroscopie du miel au cours de sa conservation. Le miel absorbe en effet facilement l'humidité de l'air ambiant. C'est pourquoi il doit être manipulé et entreposé dans des locaux secs et dans des récipients fermés hermétiquement.

❖ **Présences d'amorces**

Diverses amorces (cristaux primaires, grains de pollens, poussières, etc.) participent à la cristallisation. Elles influent sur la nature de la cristallisation (grains fins ou grossiers) ainsi que sur la vitesse de la cristallisation (plus rapide en leur présence).

❖ **La température de stockage**

Lorsqu'il se trouve dans la ruche, le miel est stocké à une température proche de 34°C. Il est donc toujours liquide. Une fois récolté, le miel est stocké à température ambiante, beaucoup plus basse, ce qui diminue la solubilité des sucres et enclenche le phénomène de cristallisation.

V. Emballages et modalités d'étiquetage

Toutes les sortes de contenues sont autorisées. Néanmoins, les plus fréquentes sont les pots en verre ou en plastique alimentaire, généralement de contenance de 250 g, 500 g ou 1 kg. Il existe aujourd'hui d'autres formes de présentation du miel (les mini-dosettes de Naturalim-France-Miel par exemple).

VI. Contrôle de qualité du miel (analyses physico chimiques du miel)

Les principaux paramètres de qualité sont la coloration, l'humidité, la teneur en matières insolubles dans l'eau, la conductivité électrique, le pH et l'acidité, le spectre

de sucres, la teneur en hydroxyméthylfurfural (HMF), l'activité de l'amylase également appelé indice diastasique, l'activité de l'invertase, le dosage du Glycérol, la thixotropie et le pouvoir rotatoire.

Parmi ces critères trois traduisent plus particulièrement la qualité du miel :

- La teneur en HFM, liée à la transformation du fructose lors du chauffage ou du stockage du miel,
- L'indice diastasique, représentatif de l'activité enzymatique de l'amylase, dont la valeur, malgré une variabilité naturelle, traduit la dégradation des enzymes naturelles du miel
- La valeur de l'acidité libre associée au dosage des acides libres dans le miel, qui augmente lors de la fermentation.

a. Coloration

C'est un élément sensoriel important et l'une des premières appréciations du consommateur : un miel foncé est généralement associé à des arômes prononcés, alors qu'un miel clair suggère des arômes plus subtils.

Cependant la couleur d'un même miel peut varier selon que le miel soit liquide ou cristallisé ou selon les conditions d'éclairage.

b. Humidité

L'humidité du miel conditionne sa conservation : plus elle est élevée, plus le miel risque de fermenter.

c. Teneur en matières insolubles

La détection en matières insolubles est fort utile pour détecter les impuretés contenus dans le miel en quantité supérieures au seuil autorisé.

d. Conductivité électrique à 20°C

Utilisé en routine lors d'un contrôle de miel, la mesure de la conductivité électrique est un bon critère pour déterminer l'origine botanique d'un miel.

e. pH et acidité (libre, combinée ou totale)

L'étude de l'acidité d'un miel permet d'identifier son origine botanique. Les miels

de nectar ont un pH faible (de 3,3 à 4,0) tandis que les miels de miellat ont un pH un peu plus élevé (de 4,5 à 5,5).

- Un pH extrême, en dehors de ces valeurs révèle une dégradation biochimique suite à de mauvaises conditions de récolte ou de conservation.
- Les phénomènes de dégradations spontanées du miel lors de son vieillissement naturel ou d'un chauffage sont largement dépendants du pH.
- Les acides influent également la perception du goût : leur caractère volatile leur permet de participer à la détermination de l'arôme du miel.
- Ils aussi influencer l'aspect du produit, car ils comptent parmi les facteurs de cristallisation des sucres.

f. Spectre des sucres

Les critères de qualité du miel en ce qui concerne les sucres sont d'une part la quantité totale de glucose et fructose, d'autre part, la teneur en saccharose.

g. Activité de l'invertase

La mesure de l'invertase est très courante dans certains pays comme l'Allemagne, la Suisse ou l'Italie. Comme l'HMF et l'activité de la diastase, c'est un indicateur de fraîcheur du miel. Cette enzyme est en effet particulièrement sensible à la chaleur et au stockage.

h. Activité de la diastase ou amylase

L'indice diastasique représente l'activité enzymatique de l'amylase dont la valeur, malgré une variabilité naturelle, traduit la dégradation des enzymes naturelles du miel.

L'indice diastasique d'un miel doit être supérieur à 8 dans l'échelle de Schade, à l'exception des miels destinés à l'industrie. Pour les miels ayant une faible teneur naturelle en enzymes et une teneur en HMF inférieur à 15 mg/kg, l'indice diastasique doit être supérieur à 3 dans l'échelle de Schade.

i. Hydroxyméthylfurfural (HMF)

L'analyse de la quantité d'HMF est une excellente méthode pour apprécier la qualité d'un miel : son vieillissement et son chauffage.

j. Dosage du glycérol

La fermentation du miel est un processus naturel qui aboutit à l'obtention d'hydromel. Lorsque le produit recherché est le miel, l'apiculteur cherche bien entendu à repousser ce processus afin que le miel conserve ses qualités plus longtemps.

Les deux causes de fermentations sont une teneur en eau trop élevée (plus de 18%) et la présence de ferments sous forme de levures osmophiles (capables de se multiplier dans les solutions sucrées très concentrées). La fermentation varie avec la température : elle très lente à basse température, très rapide entre 30 et 40°C. Une forte température (plus de 70°C) stérilise les levures et inhibe la fermentation, mais elle dénature aussi le miel.

La fermentation modifie la composition du miel : elle transforme le glucose, le mannose et le fructose en alcools et en CO₂, glycérol, acide succinique et autres produits secondaires. Elle augmente l'acidité du miel. Le miel perd ses qualités organoleptiques.

Le glycérol est présent naturellement en très faible quantité dans le miel (qui contient souvent une petite quantité de levures). Il n'existe pour l'instant pas de réglementation concernant la teneur maximale en glycérol dans le miel.

Cependant, en pratique, les scientifiques ont constaté que les miels de qualité ne devraient pas dépasser 50 mg/kg :

- si le taux mesuré dépasse 100 mg/kg, la fermentation est certaine mais imperceptible à la dégustation,
- à 200 mg/kg des anomalies sensorielles et gustatives sont perceptibles,

- à plus de 300 mg/kg, elles sont évidentes si le miel n'a pas été déshydraté par évaporation sous vide. A cette teneur de glycérol, un miel doit être considéré comme fermenté et n'est plus commercialisable.

Le glycérol est un bon critère de qualité (au même titre que l'HMF) car il constitue un témoin direct (et non volatil) de la fermentation.

Kenana