

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Département d'agronomie



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de master en sciences alimentaires

Option : Agro-alimentaire et Contrôle de Qualité

Thème

Miel : Composition, propriétés et utilisation en industrie alimentaire

Travail réalisé par :

M^{elle} DJEMA Ouissam

M^{elle} DJOUAD Lynda

Proposé et dirigé par :

M^r BENGANA M.

Devant le jury :

Président : M^r AMROUCHE T. Professeur UMMTO

Examinatrice : M^{me} BENTAYEB S. Maitre assistante A UMMTO

Promoteur : M^r BENGANA M. Maitre de conférences B UMMTO

2019/2020

Remerciements

Au terme de ce modeste travail, nous remercions avant tout Allah de nous avoir gardées en bonne santé afin de mener à bien ce mémoire de fin d'études. Nous remercions également nos familles pour les sacrifices qu'elles ont faites pour voir notre réussite.

Nos remerciements les plus sincères vont à notre promoteur Mr BENGANA M maitre de conférence à l'UMMTO, d'avoir accepté de nous encadrer, pour sa simplicité, pour la confiance qu'il nous a accordée et sa gentillesse à notre égard.

Nous remercions Mr AMROUCHE T d'avoir accepté de présider notre jury ainsi que Mme BENTÉYEB S d'avoir bien voulu examiner notre travail.

Notre remerciement s'adresse également à tous nos professeurs de la faculté de science de la nature et de la vie plus particulièrement ceux de spécialité Agro-Alimentaire et Contrôle de Qualité pour les enseignements, aide, et conseils qu'ils nous ont donnés.

Enfin nous tenons à remercier toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Merci



Dédicaces

Je dédie ce travail à :

*Mes très chers parents qui m'ont beaucoup soutenue et
encouragée durant mon parcours.*

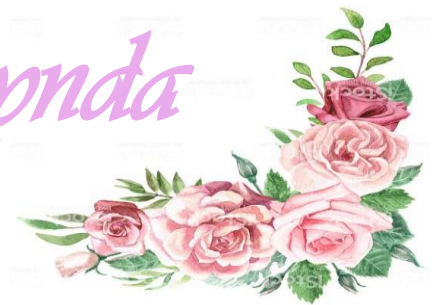
*A mes très chères sœurs : Saliha, Ouiza, Nadia, Ghania,
Karima, Malika, Baya, Samira et leurs petites familles.*

A mon frère adoré : Smail et sa fiancée Hakima

A Djamel qui m'a beaucoup encouragé ainsi que sa famille

*A ma binôme Ouissam avec qui j'ai partagé des moments
de délire, joie, stresse et surtout de bonne humeur*

Lynda





Dédicaces

Je tiens à dédier ce travail à :

La mémoire de ma grand-mère Halima.

*Mes chers parents qui m'ont donnée leurs encouragements et
conseils.*

Mes chers frères Samir et Yacine.

*Mes chères sœurs : Lamia, Fatiha, Nouara et ma princesse
Amira.*

Mon cher ami : Haccen et sa famille.

*Ma binôme Lynda avec qui j'ai partagé des moments de
délire, joie, stresse et surtout de bonne humeur.*

Quissam



Liste des tableaux

Tableau I : Les différences entre miel de nectar et miel de miellat	4
Tableau II : Recommandations et exigences internationales des critères de qualité du miel...	18
Tableau III : Applications du miel dans l'industrie alimentaire	26
Tableau IV : Valeurs nutritionnelles pour 100g de nougat de Montélimar	33

Liste des figures

Figure N° 1 : Composition moyenne du miel.....	4
Figure N° 2 : Les différents types de miels selon la couleur.....	8
Figure N° 3 : les différentes étapes de la récolte de miel.....	11
Figure N° 4 : Miel fermenté	17
Figure N° 5 : Les principaux pays producteurs de miel à l'échelle mondiale	23
Figure N° 6 : Carte représentant la répartition de la production de miel en Algérie, en tonnes par wilaya.....	24
Figure N° 7 : Diagramme de fabrication de poudre de miel séchée par atomisation.....	28
Figure N° 8 : Procédé de fabrication de flocons/ poudre de miel.....	30
Figure N° 9 : Procédé de fabrication industrielle du nougat Blanc	34
Figure N° 10 : préparation et cuisson de la pâte de nougat blanc	36
Figure N° 11 : Le façonnage du nougat	36
Figure N° 12 : Découpage	37
Figure N° 13 : Nougat conditionné	37
Figure N° 14 : La cuisson	40
Figure N° 15 : Etalage.....	40
Figure N° 16 : Découpage.....	40
Figure N° 17 : Conditionnement	41
Figure N° 18 : Procédé de fabrication du pain d'épices.....	46
Figure N° 19 : Diagramme de fabrication d'Hydromel.....	54

Liste des abréviations

AAB : Bactéries d'acide acétique

Aw : Activité de l'eau

° Brix : Degré Brix

CO₂ : Dioxyde de carbone

°C : Degré Celsius

EC : Conductivité électrique

g : gramme

g/cm³ : gramme / centimètre cube

Tst : température de point collant

H₂O : Eau

HMF : Hydroxyméthylfurfural

IGP : Indication Géographique Protégée

Km : kilomètre

Kg/m³ : kilogramme / mètre cube

Kcal : kilocalorie

LDPE : polyéthylène basse densité

LSA : levures sèches actives

max : maximum

m : mètre

mm : millimètre

még/Kg : milliéquivalent / Kilogramme

mg/ kg : milligramme/ kilogramme

mS.cm⁻¹ : millisiemens /centimètre⁻¹

PET : polyéthylène téréphtalate

pH : potentiel Hydrogène

PPO : polyphénol oxydase

PP : polyphénol

% : Pourcentage

Tg : température de transition vitreuse

UV : Ultra-Violet

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction 1

Chapitre I : Miel : Composition biochimique et propriétés biologiques

1. Définition	3
2. L'origine de miel	3
2.1. Le nectar	3
2.2. Le miellat	3
2.3. Principales différences entre miels de nectar et de miellat	4
3. Composition du miel	4
3.1. Composants majeurs	5
3.1.1. Eau	5
3.1.2. Glucides :	5
3.2. Composants mineurs	5
3.2.1. Acides aminés et protéines	5
3.2.2. Sels minéraux	5
3.2.3. Composés phénoliques	6
3.2.4. Acides organiques	6
3.2.5. Enzymes	6
3.2.6. Pollen	6
3.2.7. Hydroxyméthylfurfural	6
3.3. Autres éléments présents	7
4. Classification des miels	7
5. Elaboration du miel par les abeilles	8
6. La récolte du miel	10
7. Propriétés du miel	11
7.1. Propriétés physicochimiques des miels	11
7.2. Les propriétés organoleptiques du miel	13
7.3. Les propriétés biologiques du miel	13
7.3.1. La valeur alimentaire et diététique	13
7.3.2. Propriétés thérapeutiques	14
7.3.3. Propriétés antioxydantes	14

Sommaire

7.3.4. Propriétés antimicrobiennes	15
8. Altération du miel.....	16
9. Qualité du miel	17
10. Fraudes sur les miels	21
11. Les miels toxiques	22
12. Production du miel	23

Chapitre II : Utilisation du miel en industrie alimentaire

1. Déshydratation du miel	27
1.1. Poudre de miel	27
1.2. Flocons de miel.....	30
1.3. Miel granulé.....	31
1.4. Miel Co-cristallisé	31
2. Confiserie	32
2.1. Nougat	32
2.2. Bonbon au miel.....	39
2.3. Sucettes et rondelles de pomme séchées au miel	41
2.4. Pâtes à tartiner à base de miel.....	41
2.5. La confiture.....	42
3. Utilisation du miel pour la fabrication du Pain d'épices	43
4. Yaourt enrichi en miel.....	49
5. Le beurre de miel.....	50
6. Préservation des fruits et légumes par le miel.....	50
7. Déshydratation des fruits par le miel.....	51

Chapitre III : Dérivés du miel : Hydromel et vinaigre

1. Hydromel.....	52
2. Vinaigre de miel	64
3. Contraintes et perspectives de la transformation du miel Algérien.....	67
Conclusion.....	68

Références

Introduction

Le miel est un produit précieux offert par la nature, il est connu et utilisé par l'Homme depuis les temps passés. Il est élaboré par les abeilles de l'espèce *Apis mellifera* à partir du nectar des fleurs aussi bien que du miellat. Il contient des sucres, des protéines, des enzymes, des acides aminés, des minéraux et des vitamines. Cette substance présente l'une des denrées alimentaires les plus appréciées, grâce à ses propriétés nutritionnelles et thérapeutiques.

Les produits de la ruche sont utilisés comme aliments et compléments alimentaires, attirent l'attention avec leurs propriétés avantageuses. La recherche d'une alimentation du corps au profit d'un mode de vie sain est actuellement recherchée par de nombreuses personnes. Par conséquent, la consommation de produits qui protègent la santé apparaît comme la première préférence des consommateurs. À la lumière de cette tendance récente, le secteur alimentaire propose désormais des produits bien soutenus qui conviennent à cette préférence. À ce stade, les produits de la ruche comme le miel, gagnent une importance en tant qu'aliments fonctionnels sans antibiotiques grâce à leurs caractéristiques nutritives qui aident à protéger la santé (**Yucel et al ., 2017**)

De nos jours, l'utilisation du miel comme source de bon marché d'agent édulcorant (confère un goût sucré et une alternative saine au sucre) augmente dans les industries pour la formation de produits sans aucun effet secondaire. Son utilisation a été redécouverte comme agent antioxydant, anti-inflammatoire et antimicrobien dans de nombreux produits qui peuvent être préparés à partir de miel avec des composants nutritifs enrichis et des avantages potentiels pour la santé, ce qui peut être bénéfique pour le consommateur et les industriels. Cette capacité antioxydante du miel qui joue un rôle important dans ses effets utiles, liée à une large gamme de composés comprenant les phénoliques, les peptides, les acides organiques et les enzymes (**Sharma et al., 2020**).

Il existe une demande croissante sur les différents produits dérivés de miel destinés aux consommateurs, ce qui conduit à une valeur ajoutée au miel. Plusieurs produits à base de miel tel que la poudre de miel, le miel granulé et les flocons de miel se révèlent être un bon substitut au miel liquide dans un certain nombre d'applications (**Umesh Hebbar et al., 2008**).

Par ailleurs, le miel est utilisé pour le développement de produits alimentaires fonctionnels, à petite échelle ainsi qu'au niveau industriel, tels que les boissons, les produits de boulangerie, les confiseries et les produits laitiers (**Batt et Liu, 2012**).

Ce travail s'inscrit dans le but d'accroître les connaissances sur les différents produits alimentaires dérivés du miel.

- Nous traiterons dans un premier temps des généralités sur le miel qui est la matière première utilisée dans la conception de ces produits.
- Nous aborderons par la suite les données bibliographiques sur les différentes utilisations et transformations du miel en industrie alimentaire, afin de mieux comprendre les usages de ce produit sacré.

Chapitre I : Miel :
Composition biochimique et
propriétés biologiques

1. Définition

Le miel est la substance naturelle sucrée produite par les abeilles *Apis mellifera* à partir du nectar de plantes ou à partir de sécrétions provenant de parties vivantes de plantes ou à partir d'excrétions d'insectes butineurs laissées sur les parties vivantes de plantes, que les abeilles butinent, transforment en les combinant avec des substances spécifiques qu'elles sécrètent elles-mêmes, déposent, déshydratent, emmagasinent et laissent affiner et mûrir dans les rayons de la ruche (**Codex Alimentarius, 2019**).

2. L'origine de miel

Il existe deux types de miel, miels de miellat et du nectar. Leur composition chimique diffère selon plusieurs paramètres (pH, teneur en minéraux, profil des glucides...).

2.1. Le nectar

Le nectar est une exsudation sucrée plus ou moins visqueuse, destinée à attirer les insectes pollinisateurs tels que les abeilles, contient environ 80% de sucres, les plus courants étant le saccharose, le glucose et le fructose, le nectar contient également des acides organique (acide fumarique, succinique, oxalique, malique...etc.), des protéines, notamment des enzymes, des acides aminés libre, et des composés inorganiques (**Desmoulière, 2013**).

Les abeilles collectent le nectar des fleurs et centrent les sucres qu'il contient pour produire du miel (**Eyer et al., 2016**). Le nectar est recueilli dans les fleurs au niveau des petites glandes végétales nommées nectarifère. Sa production dépend de l'âge, de la taille, de la position de la fleur, de l'humidité relative de l'aire, de la durée de la floraison, du sexe des fleurs, de l'espèce et du milieu environnant (**Sana, 2017**).

Les miels de nectar de fleurs peuvent être divisés en deux groupes :

- Miels mono floraux.
- Miels multi floraux.

2.2. Le miellat

Le miellat est un produit sucré, plus riche en azote, en acides organique, en minéraux et sucres complexe élaboré par divers insectes à partir de la sève des végétaux et dont se nourrissent certaines abeilles et fourmis. Ces insectes producteurs sont tous des hémiptères homoptères, c'est-à-dire que ce sont des insectes qui possèdent des pièces buccales leur permettant de piquer les tissus végétaux pour en prélever la sève. Ce sont des cigales, des psylles, des cochenilles et surtout des pucerons (**Clémence, 2005**).

2.3. Principales différences entre miels de nectar et de miellat

Le miel de miellat est de couleur plus sombre et possède un goût plus prononcé que le miel de nectar. Il possède également des sucres plus complexes comme le mélézitose ou l'erlose, qui sont formés dans le tube digestif des Homoptères. Il est aussi plus riche en azote, en acides organiques et en minéraux (Rossant, 2011). Ces différentes caractéristiques permettent d'identifier les miels de miellats (Tableau I).

Tableau I : Les différences entre miel de nectar et miel de miellat (Clément, 2011).

Composants		Miel de miellat	Miel de nectar
Acidité		33,5 méq/Kg	22,4 méq/Kg
pH		4,5	3,9
Minéraux (cendres)		0,58%	0,26%
Fructose + glucose		61,6%	74%
Autres sucres exprimés en % des sucres totaux	Mélézitose	8,6%	0,2%
	Raffinose	0,84%	0,03%
	Maltose + isomaltose	9,6%	7,8%

3. Composition du miel

Le miel renferme plus de 200 substances participant à l'équilibre de notre organisme. La composition du miel varie en fonction de la source florale, de la nature du sol, des conditions météorologiques, de l'abeille elle-même, libre de choisir son bouquet floral, de la présence ou non d'autres insectes (pucerons, cochenilles), de l'environnement et des méthodes de traitement utilisées par l'apiculteur (Figure 1) (Ballot-Flurin, 2011).

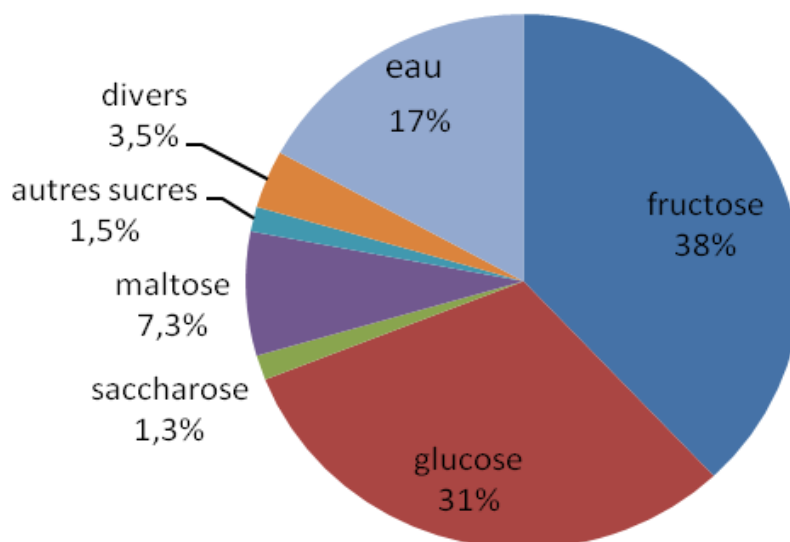


Figure N° 1 : Composition moyenne du miel (Bruneau, 2002).

3.1. Composants majeurs

3.1.1. Eau

La teneur en eau a un pourcentage optimum de 17 à 18% qui garantira une bonne conservation du miel, plus cette teneur est élevée plus y a risque de fermentation. Elle conditionne son poids spécifique et sa cristallisation. Elle dépend de plusieurs facteurs tels que : les conditions météorologiques lors de la production, de l'humidité dans la ruche, ainsi que des conditions de récolte (**Delphine, 2010**).

3.1.2. Glucides

Les glucides constituent les composants les plus importants du miel et ils varient en moyenne de 78 à 80 %. Une vingtaine de glucides différents ont été identifiés dans les miels par chromatographie liquide à haute pression, mais ils ne sont jamais tous présents simultanément. Parmi eux, il existe :

- Des monosaccharides : 31 et 38 % en moyenne pour le glucose et fructose respectivement. Ce sont les deux principaux sucres du miel. Ils proviennent en grande partie de l'hydrolyse du saccharose (présent dans le nectar ou le miellat) par l'invertase.
- Des disaccharides comme le maltose (7,3 %) et le saccharose (1,3 %).
- Des tris et polysaccharides qui représentent 1,5 à 8 %, parmi eux : l'erlose, le raffinose, le mélézitoze, le kojibiose et le dextransiose (**Pham- Délègue, 1999**).

3.2. Composants mineurs

3.2.1. Acides aminés et protéines

Les acides aminés et les protéines sont présents en faible quantité dans le miel (0,26 %) et la teneur en azote est négligeable, de l'ordre de 0,041 %. Il s'agit essentiellement de peptones, d'albumines, de globulines et de nucléoprotéines qui proviennent soit de la plante (nectars, grains de pollen), soit des sécrétions de l'abeille. Il y a également des traces d'acides aminés comme la proline, l'histidine, l'alanine, la glycine et la méthionine (**Rossant, 2011**). La proline est le plus abondant des acides aminés du miel. Sa quantité donne une indication sur la qualité du miel et elle ne doit pas être inférieure à 180 mg/kg (**Meda et al., 2005**).

3.2.2. Sels minéraux

Les matières minérales ne sont présentes qu'à un taux d'environ 0,05 % dans les miels, mais sont plus abondantes dans les miels foncés (0,17 %). Les sels de potassium représentent près de la moitié des matières minérales mais le miel contient aussi du calcium, du sodium, du magnésium, du cuivre, du manganèse, du chlore, du soufre, du silicium et du fer (**Clément, 2015**).

3.2.3. Composés phénoliques

Les composés phénoliques (flavonoïdes, flavonols,...) proviennent de la propolis, du nectar ou du pollen et sont responsables de la coloration du miel. Les flavonoïdes possèdent des propriétés antioxydantes très intéressantes car ils participent à la neutralisation des radicaux libres de l'organisme. La quantité et le type de flavonoïdes varient selon la source florale. En règle générale, plus les miels sont foncés, plus ils sont riches en flavonoïdes. Parmi les flavonoïdes retrouvés dans le miel, il y a la pinocembrine, la pinobanskine, la chrysin, la galangine, la quercétine, la lutéoline et le kaempférol (**Lachman et al., 2010**).

3.2.4. Acides organiques

La plupart des acides organiques du miel proviennent des nectars des fleurs ou des transformations opérées par l'abeille (0,57 à 1,5 %). C'est l'acide gluconique, dérivé du glucose, qui prédomine (70 à 80 %) (**Rossant, 2011**). Il existe également une vingtaine d'acides organiques comme les acides acétique, citrique, lactique, malique, oxalique, butyrique, pyroglutamique et succinique (**Hoyet, 2005**).

3.2.5. Enzymes

Les principales enzymes du miel sont : les α et β amylases et la saccharase. Elles facilitent la digestion des aliments. Elles sont de deux origines : végétale et animale, le nectar contient des enzymes produites par les nectaires de la plante, les abeilles y ajoutent des enzymes de leurs glandes salivaires. Ces enzymes sont détruites par la chaleur, et leur présence ou leur absence peut servir d'indication de surchauffage du miel (**Rossant, 2011**).

3.2.6. Pollen

L'abeille récolte le pollen pour ses propres besoins tels que l'alimentation des larves, leur permettant la prolongation de leur durée de vie et favorise le développement du couvain. Il est introduit involontairement dans le miel par les abeilles qui le porte sur leurs fourrures, leurs pièces buccales et sur leurs pattes. L'origine botanique du miel peut être identifiée par une observation microscopique des grains de pollen (**Nair, 2014**).

3.2.7. Hydroxyméthylfurfural

L'Hydroxyméthylfurfural (HMF) est un dérivé de déshydratation des hexoses (principalement le fructose) qui se forme dans le miel au cours de son vieillissement ou qui a subi un chauffage. Il renseigne sur la fraîcheur et la qualité du miel. Sa teneur légale ne doit pas dépasser 40 mg/ kg, et un miel de bonne qualité ne devrait pas avoir un taux supérieur à 25 mg/ kg (**Nair, 2014**).

3.3. Autres éléments présents

- Les vitamines sont peu nombreuses et en très faible quantité. Elles appartiennent au groupe C, très rarement aux groupes A, D et K lorsque les nectars en contiennent et, plus souvent, au groupe B que renferme le pollen (thiamine, biotine, acide folique,...) (**Clément, 2015**).
- De très faible quantité de lipides ont été isolés à partir du miel, principalement l'acide palmitique et oléique et très peu d'acide laurique, myristoléique, stéarique et linoléique (**Nair, 2014**).
- Le miel renferme des substances aromatiques qui sont à l'origine de l'arôme. Ce sont des mélanges de plusieurs dizaines de composés, alcools, cétones, acides et aldéhydes (**Lachman et al., 2010**).

4. Classification des miels

Le miel est classé en fonction de plusieurs critères :

➤ Selon l'origine florale

Il existe plusieurs variétés de miels, correspondant aux fleurs et aux plantes butiné par les abeilles, ainsi qu'à la source récoltée (nectar ou miellat), Si le miel provient principalement d'une fleur, il est monofloral. Cependant, le miel provient le plus souvent de plusieurs plantes que ce soit un miel de fleur ou de miellat. Celui-ci est dit multifloral (**Ruoff et al., 2007**).

- **Les miels monofloraux**

Les miels monofloraux sont élaborés à partir du nectar ou du miellat provenant principalement d'une seule espèce végétale. Si de très nombreux végétaux possèdent des qualités mellifères, un nombre restreint d'entre eux permet une production monoflorales caractéristique.

Exemples : les miels de colza, de tournesol, de framboisier, et de lavande... etc.

- **Les miels polyfloraux**

Ces miels sont élaborés par les abeilles à partir du nectar et /ou du miellat provenant de plusieurs espèces végétales.

Pour valoriser leur spécificité et permettre au consommateur de reconnaître leurs caractères dominant, les apiculteurs indiquent leur origine géographique

Exemples : les miels de causse, et de forêt... etc (**Clément, 2015**).

➤ Selon la couleur

La grande variété de couleurs des miels dépend de la diversité de nos terroirs et des paysages qui les composent (figure 02). Produit naturel par excellence, le Miel possède des couleurs qui dépendent directement de la flore, source de vie pour la ruche.



Figure 02 : Les différents types de miels selon la couleur (Von Frisch, 2011).

➤ **Selon l'Origine géographique**

Certains miels polyfloraux ont acquis une réputation particulière qui est liée à leur origine géographique, qu'il s'agisse d'une petite région, d'une province d'un continent. Par contre, il n'est pas impossible qu'une origine florale soit associée avec une région (Chouia, 2014).

➤ **Selon la méthode d'extraction du rayon.**

- Le miel extrait est le miel obtenu par centrifugation de rayons désoperculés ne contenant pas de couvain.
- Le miel pressé est le miel obtenu par pressage de rayons ne contenant pas de couvain.
- Le miel égoutté est le miel obtenu en égouttant des rayons désoperculés ne contenant pas de couvain.
- Le miel qui a été filtré d'une manière aboutissant à l'élimination de quantités importantes de pollen sera désigné par le nom de « miel filtré »

➤ **Selon les modes de présentation**

- Le miel proprement dit est un miel sous forme liquide ou cristallisée ou un mélange des deux formes.
- Le miel en rayons est le miel emmagasiné par les abeilles dans les alvéoles de rayons fraîchement construits ne contenant pas de couvain, et vendu en rayons operculés entiers ou en sections de rayons operculés.
- Les rayons découpés présentés dans du miel ou le miel avec morceaux de rayons, c'est-à-dire du miel renfermant un ou plusieurs morceaux de miel en rayons (Codex Alimentarius, 2019).

5. Elaboration du miel par les abeilles

Les abeilles appartiennent à l'ordre des Hyménoptères qui regroupent 20000 espèces d'abeilles. Toutes collectent du nectar et du pollen, s'en nourrissent et participent sans relâche à la pollinisation des plantes et au maintien des équilibres naturels. Toutes les abeilles productrices de miel ne font pas l'objet d'un élevage. C'est l'abeille mellifère et ses races que l'on retrouve un peu partout à travers le monde, car c'est la plus intéressante à élever, c'est elle qui assure les meilleurs rendements. De nombreux rôles sont

définis à l'intérieur de la ruche comme gardiennes, ouvrières, butineuses... Chaque abeille accomplira au cours de sa vie toutes ces fonctions.

5.1. Transformation du nectar

Une butineuse effectue entre 20 et 50 voyages par jour, chacun demandant environ 15 minutes. Le rayon d'action moyen se situe entre 500 m et 2 km, elle prélève sur les fleurs le nectar, sécrété par des glandes dites nectarifères, présenté sur des nombreuses plantes.

Le changement de la solution sucrée en miel commence déjà lors du voyage, au cours duquel elle est accumulée dans le jabot de l'abeille. C'est dans son tube digestif que s'amorce la longue transformation, des enzymes agissent sur le nectar. Le saccharose sous l'action de l'invertase, se transforme en glucose, fructose, maltose et autres sucres, Selon la réaction suivante :



5.2. L'emmagasinage

Les modifications physico-chimiques se poursuivent dès l'arrivée à la ruche. A son retour, la butineuse régurgite, la passe aux ouvrières, qui elles-mêmes la communique à d'autres et ainsi de suite. D'individu en individu, la teneur en eau s'abaisse en même temps que le liquide s'enrichit de sucres gastriques et de substances salivaires : invertase, diastase, et gluco-oxydase. D'autres sucres qui n'ont pas existé au départ sont synthétisés simultanément. La goutte épaisse et déversée ensuite dans une alvéole, d'où l'eau du miel s'évapore.

5.3. Maturation

La solution sucrée transformée (contenant 50% d'eau) va subir une nouvelle concentration par évaporation, qui se fait sous double influence :

- D'abord de la chaleur régnant dans la ruche qui est d'environ 36 °C.
- Ensuite de la ventilation par le travail des ventileuses qui entretiennent un puissant courant d'air ascendant par un mouvement très rapide de leurs ailes.

Dans la ruche, le miel se garde bien, car il est très concentré en sucre. Mais on dit que les abeilles, pour plus de sécurité, injectent dans chaque cellule une gouttelette de venin. Et celui-ci est un produit conservateur quand tout ce travail sera terminé, la cellule pleine du miel sera fermée par un opercule de cire (Huchet *et al.*, 1996).

6. La récolte du miel

La récolte du miel peut se pratiquer dès la fin de la miellée quand la ruche est devenue très lourde (mi-avril, mi-mai) (figure 03). L'apiculteur retire les cadres de miel, mais en laissant aux abeilles les provisions nécessaires pour qu'elles puissent nourrir les jeunes larves et éventuellement passer l'hiver, si la saison est avancée. C'est pourquoi la ruche est divisée en deux parties : une partie inférieure, le corps, qui contient de hauts rayons garnis non seulement de miel, mais aussi de pollen et de couvain (l'ensemble des œufs, larves et nymphes) : il ne faut pas y toucher. Au-dessus est placée la hausse garnie de cadres moitié moins hauts, qui ne contient en général que du miel : c'est d'elle que l'apiculteur va obtenir sa récolte. Les abeilles de la ruche sont neutralisées par l'enfumage (**Huchet et al., 1996**).

6.1. Désoperculation

Les cadres retirés sont ramenés à la miellerie pour être désoperculer : la fine pellicule de cire qui obstrue les alvéoles est retirée manuellement à l'aide d'un couteau ou d'une griffe ou bien mécaniquement grâce à des chaînes d'extraction.

6.2. Extraction

Les cadres désoperculés sont ensuite placés dans un extracteur pour être centrifugés ce qui permet de projeter le miel sur les parois de l'extracteur, sans abîmer les rayons. Grâce à l'effet de pesanteur, le miel s'écoule le long des parois et est alors récupéré par l'apiculteur au niveau d'une vanne d'ouverture située au bas de l'extracteur.

6.3. Filtration

Le miel ainsi récupéré doit ensuite être filtré pour le débarrasser de ses impuretés (cire, pollen, abeilles). Plusieurs méthodes de filtration sont possibles (grilles ou filtres rotatifs pour les grosses exploitations), le principe étant toujours le même : les mailles fines du filtre laissent couler le miel en retenant les résidus indésirables (**Amigou, 2016**).

6.4. Maturation du miel

Une fois filtré, le miel doit encore reposer 1 à 5 jours à une température de 20°C minimum pour faire remonter à la surface l'ensemble des dernières impuretés, moins denses que le miel. Cette écume est ensuite enlevée avant l'étape suivante (**Mermoz, 2015**).

6.5. Conditionnement du miel

La conservation du miel se fera à température constante, dans un récipient étanche, placé dans un endroit sec et à l'abri de la lumière. Grâce à sa haute teneur en sucre, il se conserve très longtemps. Il se consomme idéalement dans les deux ans (**Rossant, 2011**). Le pot doit comporter une étiquette avec toutes les mentions légales (dénomination de vente, date de durabilité...) (**Mermoz, 2015**).

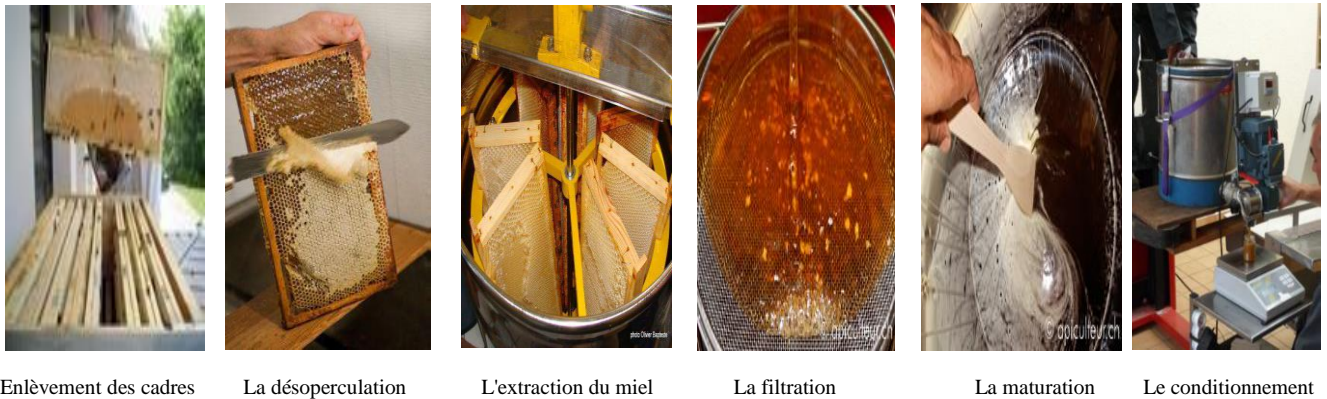


Figure N° 3 : les différentes étapes de la récolte de miel

7. Propriétés du miel

7.1. Propriétés physicochimiques des miels

Le miel présente, selon l'origine de la plante à partir de laquelle il a été élaboré et selon la composition de ses sucres, des caractéristiques physicochimiques particulières.

➤ La densité

La densité du miel varie approximativement de 1,39 à 1,44 g/cm³ à 20°C. Le miel est donc un produit relativement dense. Les variations de la densité proviennent surtout des variations de la teneur en eau. Plus un miel est riche en eau et moins il est dense.

➤ La viscosité

Elle varie en fonction de la température, de la teneur en eau et de la composition chimique du miel. A 35°C, tous les miels sont fluides. Certains sont thixotropes (c'est à-dire que ces miels lorsqu'on les agite deviennent liquides mais reprennent leur viscosité première après repos) entraînant alors une modification complète de son aspect mais sans rien changer à sa composition.

➤ La chaleur spécifique

La chaleur spécifique d'un corps est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1°C la température d'une unité de poids de ce corps. Un miel a 17 % d'eau, sa chaleur spécifique est de 0.54 Kcal/Kg. °C à 20°C. Cela veut dire qu'il faut approximativement deux fois moins d'énergie (de joules) pour réchauffer du miel que pour réchauffer la même masse d'eau (**Von Frisch, 2011**).

➤ La conductivité électrique

La conductivité électrique est la capacité d'un matériel à transporter la circulation d'un courant électrique. Dans le miel, la conductivité électrique dépend principalement de la teneur en minéraux du miel. Elle est le paramètre de qualité principale pour le miel, qui est spécifié dans le codex alimentaire. La valeur de l'EC devrait être pas plus de 0,8 mS.cm⁻¹ pour le miel de nectar et le mélange des miels de fleur et miel de miellat et pas moins de 0,8 mS.cm⁻¹ pour des miels de miellat et de châtaigne (**Boukraa, 2013**).

➤ **L'indice de réfraction**

L'indice de réfraction est une propriété optique qui caractérise toute substance transparente. Il est en fonction de la teneur en eau et de la température. L'indice de réfraction du miel est d'autant plus élevé que sa teneur en eau est basse (**Ravazzi, 2007**). Il oscille entre 1,47 et 1,50 suivant sa teneur en eau à la température de 20°C. Il est souvent utilisé pour déterminer la teneur en eau (**Rossant, 2011**).

➤ **La solubilité**

Le miel est soluble dans l'eau et l'alcool dilué, mais insoluble dans l'alcool fort, l'éther, le chloroforme et le benzène (**Rossant, 2011**).

➤ **L'hygroscopicité du miel**

Le miel tend à absorber l'humidité de l'air et, si on le laisse trop longtemps dans une atmosphère humide, cette absorption peut être considérable. Un miel normal, contenant 18% d'eau, peut atteindre, au bout de trois mois, une hygrométrie de 55%, son poids a alors augmenté de 84%. D'autre part, lorsqu'on veut dessécher le miel, il est nuisible de le maintenir en atmosphère rigoureusement sèche, parce qu'il se forme en surface une pellicule dure qui empêche le reste d'eau de s'évaporer.

➤ **Abaissement du point de congélation**

Il dépend de la proportion en sucres. Il serait de -1.42°C à -1.53°C en solution aqueuse à 15% et -2.75°C à -3.15°C en solution aqueuse à 25% (**Emmanuelle et al., 1996**).

➤ **Activité de l'eau (aw)**

Les valeurs aw du miel varient entre 0,55 et 0,75. Les miels dont l'aw est < 0,60 peuvent être, du point de vue microbiologique, qualifiés de stables. Bien que l'activité de l'eau soit un facteur de qualité important, elle n'est que rarement déterminé (**Bogdanov et al., 2003**).

➤ **pH**

Le miel est acide : son pH varie de 3,2 à 5,5. Il est généralement inférieur à 4 dans le cas des miels de nectar, et supérieur à 5 pour ceux de miellats. Cette propriété est due à la présence d'acides organiques dans le miel tels que l'acide gluconique (**Marcet, 2017**).

7.2. Les propriétés organoleptiques du miel

Les miels récoltés peuvent être très divers, tant par leur coloration que par leur consistance et leur arôme.

➤ La couleur

En fonction de ses origines florale et géographique, le miel peut présenter différents coloris. Il existe des miels limpides comme de l'eau, des miels jaunes, ambrés, verdâtres, rougeâtres, et certains presque noirs. À l'exception du violet et du bleu la couleur des miels varie à l'infini. Les pigments colorent et aromatisent les miels. Ce sont principalement des caroténoïdes, des xanthophylles et des flavonoïdes (Clemence, 2005).

➤ La texture

Cristallisé finement ou grossièrement, dur ou souple, pâteux ou liquide, le miel peut se présenter sous de nombreux aspects. S'il est parfaitement fluide au moment de son extraction, le miel ne reste cependant pas dans cet état de façon indéfinie. La vitesse de cristallisation varie avec la composition en sucres, la teneur en eau, la température de conservation.

➤ Odeur et goût

L'odeur du miel est variable (Blanc, 2010). L'arôme, le goût et la couleur du miel dépendent des plantes où les abeilles ont récoltées le nectar. Les tournesols, par exemple, donne un miel jaune d'or ; le trèfle donne un miel sucré et blanc. Le miel foncé a généralement un goût plus prononcé et sa teneur en sels minéraux est élevée ; le miel clair a une saveur plus délicate (Bradbear, 2005).

7.3. Les propriétés biologiques du miel

7.3.1. La valeur alimentaire et diététique

Le miel est un aliment glucidique à haute valeur énergétique (320 calories par 100 g ou 13400 joules / kg) il est composé essentiellement d'un couple d'hexoses :

- le glucose, qui est assimilé directement.
- le fructose, qui est assimilé après une légère transformation.

Le miel présente sur le sucre ordinaire l'avantage de contenir des sels minéraux ainsi que des substances aromatiques qui rendent sa consommation plus agréable. Le miel est un aliment très favorable à la croissance des jeunes enfants (Prost, 2005), et il est adapté aux personnes âgées ainsi qu'aux sportifs. De par sa richesse en éléments biologiques, le miel peut être introduit dans certains régimes alimentaires mais il n'est pas considéré comme un aliment complet car il est pauvre en protides, en lipides, et en vitamines (Blasa *et al*, 2006).

7.3.2. Propriétés thérapeutiques

Le miel est considéré comme étant l'un des éléments les plus importants de la médecine traditionnelle. Les constituants mineurs du miel lui confèrent des propriétés médicinales indéniables (Par exemple, les flavonoïdes améliorent la circulation veineuse).

➤ Administré par la voie buccale :

- Le miel peut guérir ou soulager les troubles intestinaux, les ulcères d'estomac, l'insomnie, les maux de gorge, certaines affections cardiaques, etc.
- Il augmente la teneur du sang en hémoglobine et la vigueur musculaire.
- Le miel facilite la rétention du calcium, il active l'ossification et la sortie des dents et il est légèrement laxatif.

➤ En usage externe :

- Il active la guérison des brûlures, des plaies et des affections rhinopharyngées (en instillation) grâce à une inhibine et à des substances provenant des plantes butinées qui lui communiquent des propriétés antibactériennes.
- L'élément essentiel de cette activité antibiotique du miel, une enzyme, la gluco-oxydase, provoque un dégagement d'eau oxygénée. Il est prouvé qu'il favorise la cicatrisation des plaies. Certains hôpitaux l'utilisent dans ce domaine en France et dans d'autres pays (**Prost, 2005**).

7.3.3. Propriétés antioxydantes

Le miel est une source naturelle d'antioxydants qui jouent un rôle primordial dans la réduction de nombreuses maladies telles que le cancer, le diabète, la cataracte, les maladies cardiovasculaires et de différents processus de l'inflammation (**Viuda-Maros et al., 2008 ; Ferreira et al., 2009**). Vu son caractère antioxydant le miel est utilisé en agroalimentaire pour le décantage des jus de fruits, pour la conservation des denrées alimentaires (évite le brunissement) et enfin comme additif dans de nombreux produits alimentaires (produits laitiers, pâtisseries, confitures) (**Bogdanov et al., 2006**).

Le mécanisme protecteur antioxydant du miel utilise à la fois les enzymes telles que la catalase et la peroxydase, les acides phénoliques, les flavonoïdes et la proline (**Meda et al., 2005**). Toutefois, les composés phénoliques sont les plus importants dans cette activité. Les antioxydants sont des substances présentes à faible concentration dans le miel, qui sont capables de supprimer, retarder ou empêcher les processus d'oxydations et ses conséquences.

Les antioxydants sont classés en fonction de leurs mécanismes d'action :

➤ **Les antioxydants primaires ou antiradicalaires (type I) (Les composés phénoliques) :**

Leurs actions reposent sur leurs capacités à inactiver les radicaux libres, *Propriétés diététiques et thérapeutiques du miel* car ils inhibent la propagation des réactions radicalaires en fournissant des hydrogènes aux radicaux libres présents.

➤ **Les antioxydants secondaires ou préventifs (type II) :**

Ils préviennent la formation des radicaux libres par différents mécanismes. Certains chélatent les ions métalliques réduisant l'effet pro-oxydant des ions ; c'est le cas de certains acides organiques et de certaines protéines. D'autres sont des piègeurs d'oxygène comme par exemple l'acide ascorbique, les caroténoïdes ou certains systèmes enzymatiques. Certains composés phénoliques possèdent à la fois les modes d'action de type I et II.

En règle générale, les miels foncés et les miels ayant une forte teneur en eau ont une capacité antioxydante plus grande que celle des autres miels. De plus, l'activité anti-oxydante des miels est très variable d'un miel à un autre, et elle dépend essentiellement de son origine botanique (**Rossant, 2011**).

7.3.4. Propriétés antimicrobiennes

L'activité antibactérienne du miel est principalement due à sa forte teneur en sucres, plusieurs hypothèses concernant le mécanisme d'action peuvent être envisagées. Tout d'abord, comme nous l'avons vu précédemment, le miel, quel que soit son origine, contient de fortes quantités de sucres mais très peu d'eau. Ce dernier facteur empêche la prolifération bactérienne.

De plus, l'hyperosmolarité du miel contribue à extraire l'eau contenue dans les œdèmes mais également dans les bactéries ce qui a pour conséquence leur déshydratation et leur élimination. Cependant, même dilués les miels restent actifs face aux bactéries. Ceci est dû à la production de peroxyde d'hydrogène en présence d'eau grâce à l'activation d'une glucose-oxydase. Cette enzyme a pour rôle d'oxyder le glucose en acide gluconique et peroxyde d'hydrogène. Ce dernier est alors le composant principal responsable de l'activité antibactérienne du miel (**Irlande, 2010**).

Le miel peut également contenir des substances antimicrobiennes telles que la défensine-1 et le méthylglyoxal (**Desmoulière, 2013**).

La variation de cette activité antibactérienne dépend de :

- La concentration en miel
- Son origine florale et son acidité
- La quantité de peroxyde d'hydrogène produite
- L'action de la catalase
- La chaleur qui détruit l'activité du miel (même s'il paraît stable pour des températures inférieures à 40°)

- La durée de conservation (qui peut aller jusqu'à 2 ans)
- La lumière, et surtout la lumière directe du soleil (**Fanny, 2012**).

8. Altération du miel

Comme tout produit d'origine animale ou végétale, le miel est susceptible de subir des altérations qui lui feront perdre une partie de ses qualités alimentaires et gustatives. Les facteurs pouvant provoqués une altération du miel sont nombreux :

8.1. La cristallisation

Le glucose est le composant le moins soluble de tous les sucres présents dans le miel et cristallise sous forme de glucose monohydraté dans certaines conditions. La cristallisation du miel est un phénomène complexe qui modifie l'état du miel et la cristallisation incontrôlée qui se produit pendant le stockage entraîne un aspect trouble et donc moins attrayant pour le consommateur. En outre, cela pose des problèmes lors de la manipulation et du traitement. De plus, la cristallisation du miel affecte la qualité de conservation car la partie non cristallisée du miel contiendra une teneur en humidité plus élevée, ce qui rend le miel vulnérable à la croissance des levures (**Umesh Hebbar et al., 2008**).

La vitesse de cristallisation des miels est très variable. Elle est fonction de :

- **La composition en sucres** : une teneur supérieur à 35% accélère la cristallisation.
- **La teneur en eau** : une teneur en eau inférieure à 18% favorise la cristallisation.
- **La température de conservation** : la température optimale à la cristallisation est de 14°C.
- **La présence des germes de cristallisation** : qui peuvent être des cristaux de glucose microscopique, des poussières ou des grains de pollen. (**Emmanuelle et al., 1996**).

8.2. Fermentation

Tous les miels naturels contiennent des levures, responsables des fermentations alcooliques (figure 04). Une teneur en eau trop importante (à partir de 18%) et une température excessive leur permettent de se développer, ce qui provoque la fermentation du miel. D'autres micro-organismes présents dans le miel peuvent engendrer différentes fermentations (lactique, butyrique, acétique, etc.). Toutes ces fermentations altèrent fortement les miels qui possèdent alors une acidité supérieure à la normale. Un miel fermenté présente généralement des bulles d'air dans sa masse et devient impropre à la consommation (**Pham-Dèlègue, 1999**).



Figure N° 4 : Miel fermenté (Bruneau, 2002).

8.3. Autres transformations

Au cours du vieillissement, le miel subit lentement un certain nombre de transformations qui sont fonction de sa composition et de la température de conservation. Pour bloquer de façon complète toutes les réactions enzymatiques, le miel doit être conservé à une température de moins 25°C. A la température ordinaire, des transformations très sensibles sur une période allant d'un à deux ans seront notées, intensification de la coloration, augmentation de l'acidité libre, diminution la teneur en enzymes, dégradation plus ou moins rapide des sucres et formation d'hydroxy méthyl furfural (HMF) (Homrani, 2020).

9. Qualité du miel

Un miel de qualité doit être un produit sain, extrait dans des bonnes conditions d'hygiène, conditionné correctement, qui a conservé toutes ses propriétés d'origine et qui les conservera le plus longtemps possible. Il ne doit pas être adultéré et doit contenir le moins possible (peut-on encore dire pas du tout) de polluants divers, antibiotiques, pesticides, métaux lourds ou autres produits de notre civilisation industrielle (Amri, 2015).

9.1. Contrôles de qualité des miels

Afin d'offrir au consommateur un produit de qualité, des critères physicochimiques du miel sont fixés par le Codex Alimentarius (tableau II).

Tableau II : Recommandations et exigences internationales des critères de qualité du miel (Codex Alimentarius, 2019).

Caractéristique qualitative	Recommandation du Codex Alimentarius
Eau (%)	
Miel e général	max. 20%
Miel de bruyère, miel de trèfle	max. 23%
Teneur apparente en sucres réducteurs (Fructose et Glucose) (g/100g)	
Miel de fleurs	min. 60
Miel de miellat, ou mélanger avec miel de nectar	min. 45
Teneur apparente en saccharose (g/100g)	
Miel en général	max. 5
Miel de miellat, ou mélanges avec (miel d'acacias, de lavande, de Banksia, d'Eucryphia)	max. 10
Substances non hydrosolubles (g/100g)	0.1
Sels minéraux (g/100g)	
Miel en général	max. 1
Miel de miellat, ou mélanges avec miel de fleurs	Pas d'indication
Acides libres (milliéquivalent/kg)	40
Indice amylasique (en unité de Schade)	
Miel en général	≥ 8
Miels pauvres en enzymes, comme le miel d'acacias, de fleurs d'oranger	Pas d'indication
Hydroxy Méthyl Furfural (mg/kg)	≤40, ≤60 pays à climat chaud

➤ Teneur en eau

La mesure du taux d'humidité permet l'estimation du degré de maturité des miels. Les teneurs en eau élevées sont l'indicateur d'une récolte trop précoce et d'un climat humide (Bogdanov *et al.*, 2004). Elle intervient dans la viscosité, la cristallisation, la saveur et la fermentation. En excès, l'humidité est souvent responsable de la fermentation (>18,5%), en revanche un miel trop sec (<16,5%) ne libère plus ses arômes de manière optimale. Ainsi, la faible teneur en eau permet aux miels de rester stable et leur assure une bonne conservation (RESA, 2019).

➤ **Teneur en sucres**

Les laboratoires utilisent généralement des techniques chromatographiques (sur couche mince, chromatographie liquide à haute performance, chromatographie en phase gazeuse) ou spectroscopiques (UV-visible ou infrarouge) pour réaliser le dosage des sucres dans le miel. 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. La quantité et la nature des sucres présents dans le miel sont influencées par les enzymes de l'abeille et de la nature des plantes mellifères dont il est issu. De plus, le dosage des sucres et les rapports glucose/eau et fructose/glucose sont nécessaires pour préciser le potentiel de cristallisation du miel (**Deschamps, 1998**). Le spectre des sucres représente une grande importance dans la détection des fraudes (**Cotte et al., 2003 ; Cordella, 2003**).

➤ **Taux d'Hydroxyméthylfurfural**

L'Hydroxyméthylfurfural (HMF), substance qui provient de la transformation du fructose en milieu acide, est présent dans les vieux miels ou ceux ayant subi un surchauffage. Plus sa teneur est faible plus le miel est meilleur. Le dosage de l'HMF permet de détecter si le miel a été chauffé et donc dénaturé (**Rossant, 2011**). La teneur en Hydroxyméthylfurfural du miel après le traitement et/ou le mélange ne doit pas dépasser 40 mg/kg. Toutefois, dans le cas des miels d'origine déclarée provenant de pays ou de régions où règnent des températures ambiantes tropicales, et des mélanges de ces miels, la teneur en HMF ne dépassera pas 80 mg/kg (**Codex Alimentarius, 2019**).

➤ **pH et acidité**

Ces paramètres influencent la stabilité du miel et ses conditions de conservation. Ils nous donnent également des informations sur son origine. L'acidité est un critère de qualité important. La fermentation du miel provoque une augmentation de l'acidité. L'ancienne norme prescrit une valeur maximale de 40 milliéquivalents/kg. Dans le projet du Codex Alimentarius, elle a été augmentée à 50 milliéquivalents/kg, étant donné qu'il existe quelques sortes de miels qui ont une teneur naturelle en acide plus élevée (**Horn et Lullmann, 1992**).

➤ **Indice diastasique**

L'amylase est une des nombreuses enzymes provenant des glandes digestives de l'abeille. Elle intervient dans l'hydrolyse des amidons en maltose. La diastase résiste mieux à la température que la saccharase. L'indice diastasique permet alors de vérifier s'il y a eu stockage ou chauffage du miel (**RESA, 2019**). Il est déterminé après traitement et/ou mélange, ne doit

généralement pas être inférieur à 8 unités de Schade, et dans le cas des miels dont la teneur naturelle en enzymes est basse, il ne doit pas être inférieur à 3 unités de Schade (**Codex Alimentarius, 2019**)

➤ **Activité de l'invertase (ou saccharase) :**

L'invertase ou saccharase est une enzyme digestive de l'abeille. Elle intervient dans l'hydrolyse du saccharose en glucose et en fructose. Il n'y a pas de valeur légale mais le dosage de son activité permet de vérifier s'il y eu stockage ou chauffage du miel car cette enzyme est sensible à la chaleur et au vieillissement et ses population décroissent dans le temps. Elle donne une information plus précise que le HMF sur les chocs thermiques subis par le miel. Cette enzyme se dégrade plus rapidement que l'amylase. Enfin, il est intéressant de la mesurer dans les recherches sur les adultérations (**RESA, 2019**).

➤ **Activité de la gluco-oxydase**

La gluco-oxydase oxyde le glucose et donne de l'acide gluconique et réduit l'oxygène atmosphérique en peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée), qui détruit les bactéries. C'est ce qui confère au miel ses propriétés antiseptiques et bactériostatiques. La gluco-oxydase se dégrade dans le temps (**RESA, 2019**).

➤ **Polyphénols**

La qualité thérapeutique d'un miel est liée à plusieurs composants parmi lesquels les antioxydants appelés aussi polyphénols. La majorité des miels ont une teneur en polyphénols totaux inférieure à 50 mg GAE/100g. La signification de la quantification des polyphénols totaux est la suivante : contient des anti-oxydants: $PP \leq 50$ riche en anti-oxydants: $50 < PP \leq 100$ très riche en anti-oxydants : $PP > 100$

Les polyphénols ou plus largement les composés secondaires volatiles confèrent au miel son odeur, ses arômes et sa couleur (**RESA, 2019**).

➤ **Teneur en matières insolubles**

La détection des matières insolubles est un critère fort pertinent pour détecter les impuretés présentes dans le miel en quantité supérieure au seuil autorisé sur le plan réglementaire. Elles sont identifiées après plusieurs étapes de dessiccation et de filtrations successives, et sont exprimées en grammes de matière insoluble pour 100 grammes de miel (**Bogdanov et al., 1997**). Le seuil autorisé est de 0,1 g/100 g de miel, exception faite du miel pressé qui peut en contenir jusqu'à 0,5 g/100 g de miel (**Codex Alimentarius, 2019**).

9.2. Les facteurs essentiels de composition et de qualité

Le miel vendu en tant que tel ne doit pas contenir d'ingrédient alimentaire, y compris des additifs alimentaires, et seul du miel pourra y être ajouté.

- Ne doit pas avoir de matière, de goût, d'arôme ou de contamination inacceptable provenant de matières étrangères absorbées durant sa transformation et son entreposage.
- Ne doit pas avoir commencé à fermenter ou être effervescent.
- Ni le pollen ni les constituants propres au miel ne pourront être éliminés sauf si cette procédure est inévitable lors de l'élimination des matières inorganiques ou organiques étrangères.
- Ne doit pas être chauffé ou transformé à un point tel que sa composition essentielle soit changée et/ou que sa qualité s'en trouve altérée.
- Aucun traitement chimique ou biochimique ne doit être utilisé pour influencer la cristallisation du miel (**Codex Alimentarius, 2019**).

10. Fraudes sur les miels

La législation n'autorise aucun ajout dans le miel, mais les fraudes existent. Le miel n'échappe pas à ces pratiques catastrophiques qui déstabilisent les prix et la confiance des acheteurs.

L'adultération des miels est cependant plus fréquente au niveau des grosses compagnies qui alimentent le marché international. On rencontre principalement trois types de fraudes.

10.1. L'ajout de sucre

L'ajout de sirops de sucre de composition proche du miel constitue une fraude que seul un bas prix du sucre rend possible. Ces sirops peuvent être issus de sucre inverti de canne, de chicorée ou de betterave. Ceux de canne sont détectables par la présence de résidus de cellules de canne à sucre et par une quantité différente d'un isotope du carbone C13. Ce n'est pas le cas d'autres sirops ou cet isotope est calibré pour correspondre parfaitement à celui du miel. De plus, une ultrafiltration ne laisse aucune trace de l'origine du produit.

Pour détecter de telles fraudes, il faut recourir à de nouvelles techniques très sophistiquées qui mettent en évidence le mélange de deux sucres d'origines différentes. Ce type de fraude touche en priorité les miels commercialisés à l'état liquide et en particulier ceux d'origine étrangère.

10.2. Le recyclage de miels dégradés

Cette fraude consiste à faire passer des miels déclassés (miels destinés à l'industrie) pour des miels de bouche. Certains miels, par exemple fermentés, sont asséchés, désaromatisés et filtrés pour être mélangés à des miels répondant aux normes. Le même type de mélange peut être pratiqué pour des miels dont un indicateur de dégradation dépasse la norme légale (HMF trop élevé ou indice diastasique trop bas).

Pour éviter de telles fraudes, il faut assurer une traçabilité du miel de son lieu de production jusqu'au consommateur.

10.3. Les fausses appellations

La fraude sur les fausses appellations est beaucoup plus ancienne : on donne une appellation, monofloral ou géographique, à un miel qui ne provient pas essentiellement de l'origine florale annoncée ou pas totalement de l'aire géographique signalée (**Clément, 2011**).

11. Les miels toxiques

Le miel, comme tout autre aliment naturel, peut être contaminé par l'environnement (métaux lourds, pesticides, antibiotiques, etc). En général, les niveaux de contamination constatés en Europe ne présentent pas de danger pour la santé.

On sait que quelques plantes produisent du nectar contenant des substances toxiques : **Diterpénoïdes** et **les alcaloïdes pyrazolidine** sont deux principaux groupes de toxines pertinents dans le nectar. Certaines plantes de la famille des Ericacées appartenant à la sous-famille Rhododendron, par ex. Le rhododendron ponticum contient des cycliques polyhydroxylés toxiques hydrocarbures ou diterpénoïdes. Le miel contenant R. ponticum est appelé miel fou et se trouve dans certaines régions de Turquie. L'ingestion de ce type de miel n'est pas mortelle, elle provoque des plaintes telles que des vertiges, nausées-vomissements, transpiration, faiblesse, vision trouble, convulsions et perte de conscience, extrémité paresthésie, transpiration excessive et salivation.

La toxicité du miel d'autres plantes a également été rapportés : plantes Datura (du Mexique et de Hongrie), fleurs de belladone et plantes Hyoscamus niger (de Hongrie), Serjania lethalis (du Brésil), Gelsemium sempervirens (du sud-ouest américain), Kalmia latifolia, Tripetalia paniculata et Ledum palustre

Les substances de l'autre groupe de toxines, les alcaloïdes de pyrazolidine, se trouvent dans différents types de miel et l'intoxication potentielle par ces substances est examinée par des cas rares d'intoxication au miel, les symptômes rencontrés sont vomissements, maux de tête, maux

d'estomac, perte de conscience, délire, nausées et faiblesse de la vue. En général, ces plantes vénéneuses sont connues par les apiculteurs locaux, ainsi le miel, qui peut contenir des substances toxiques est non commercialisé.

Il est conseillé aux touristes d'acheter du miel uniquement sur le marché et non auprès d'apiculteurs individuels (Bogdanov, 2012).

12. Production du miel

12.1. La production mondiale

En 2017, la production mondiale de miel était d'environ 1,9 million de tonnes. Le premier pays producteur du miel, à l'échelle mondiale est la Chine (plus de 26% de la production mondiale soit 543.000 tonnes) suivi de l'Union Européenne (230.000 tonnes). Les autres principaux pays producteurs sont la Turquie, l'Argentine, l'Ukraine, la Russie, l'Inde, le Mexique, l'Iran et l'Ethiopie (FAOSTAT, 2018) (Figure 05).

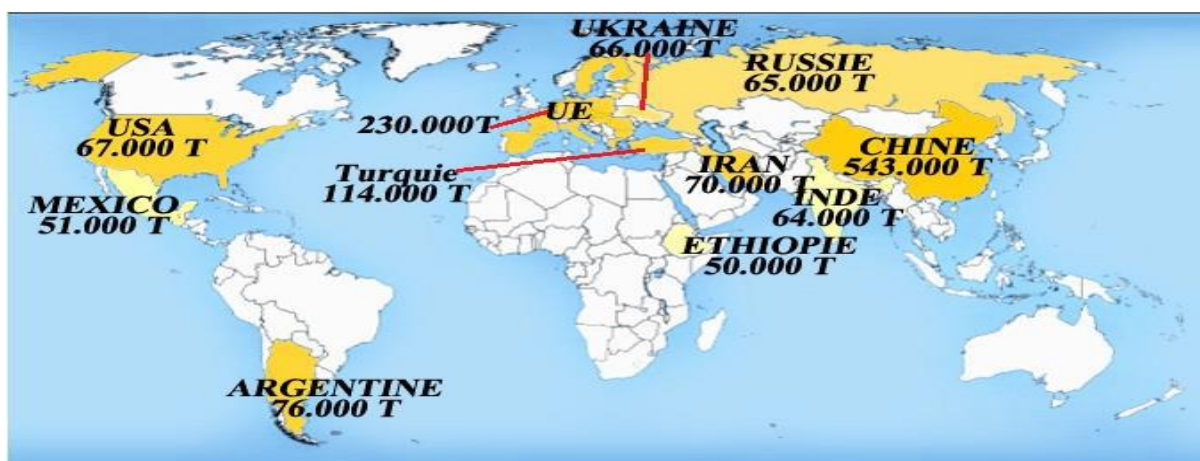


Figure N° 5 : Les principaux pays producteurs de miel à l'échelle mondiale (FAOSTAT, 2018).

12.2. La production en Algérie

En Algérie, l'Apiculture est largement pratiquée dans les régions montagneuses à population élevée, dans les plaines littorales, dans les plaines intérieures, dans les vallées des grands oueds, ainsi que dans le Sahara (Nair, 2014) (Figure 06). Malgré une augmentation de la production nationale du miel qui est passé de 4.770 en 2010 à 7.000 tonnes en 2018 (MADR, 2019), elle reste néanmoins très faible par rapport au potentiel mellifère dont dispose le pays. En effet, l'Algérie possède une variété écologique permettant aux abeilles de trouver des conditions optimales pour travailler et produire du miel tout au long de l'année et de différentes variétés selon la saison de récolte. Ce taux de production demeure également insuffisant pour

couvrir les besoins du consommateur algérien faisant ainsi, appel à l'importation massive en cette matière (Pap Enpard Algérie, 2019).



Figure N° 6 : Carte représentant la répartition de la production de miel en Algérie, en tonnes par wilaya. (Pap Enpard Algérie, 2019)

Chapitre II : Utilisation du miel en industrie alimentaire

À l'heure actuelle, en raison de ses diverses propriétés avantageuses, le miel est largement utilisé à petite échelle ainsi qu'au niveau industriel pour la formation de différents produits avec des composants nutritifs enrichis et des avantages potentiels pour la santé sans aucun effet secondaire, ce qui peut être bénéfique pour le consommateur et l'industriel (**Sharma et al., 2020**).

Il existe une demande croissante de produits de miel diversifiés destinés aux consommateurs, ce qui conduit à une valeur ajoutée au miel (**Ahmad et Kumaran, 2015**).

Un aperçu des différentes applications du miel dans l'industrie alimentaire est donné dans le tableau III. Une large variété de recherche sur différentes applications du miel comme additif alimentaire a été commandé par l'American National Honey Board. Toutes les applications mentionnées présentent une description détaillée de la recherche menée, ainsi que des explications complètes sur utilisation du miel.

Tableau III : Applications du miel dans l'industrie alimentaire (Bogdanov, 2012).

Utilisation	Explication
<p>Édulcorant pour :</p> <p>Produits fermentés : hydromel, vinaigre.</p> <p>Boissons sans alcool : boissons pour sportifs, jus de fruits, boissons au fruit, thé glacé...</p>	<p>Fournit différentes saveurs et couleurs naturelles de miel, les sucres de miel sont fermentescibles et donnent des boissons alcoolisées à saveur unique. Neutralise l'intensité acide et brûlante.</p> <p>Un effet clarifiant pour les jus et boissons aux fruits grâce aux enzymes du miel.</p>
<p>Additifs pour la conservation des fruits et légumes emballés.</p>	<p>Empêche le brunissement enzymatique dû aux propriétés antioxydantes.</p>
<p>Additif pour le lait et ses dérivés (Yaourt, beurre de miel, lait au chocolat...).</p>	<p>Améliore la croissance des cultures de démarrage laitier. Ainsi, le miel peut être utilisé comme additif prébiotique aux produits laitier probiotique. Améliore les propriétés sensorielles.</p>
<p>Additif pour les produits de boulangerie (pain d'épice...), confiserie (nougat, bonbons, confiture, pate a tartiné...) et céréales.</p>	<p>Améliore les propriétés sensorielles. La rétention d'humidité grâce à propriétés hygroscopiques. Améliore le brunissement dû au Sucres réducteurs, une bonne texture, une cuisson améliorée.</p>
<p>Additif pour les viandes (volaille et autres viandes).</p>	<p>Effets antibactériens du miel contre l'altération microbienne. Effet antioxydant agit contre l'oxydation lipidique des viandes.</p>
<p>Additif pour bœuf frit ou rôti.</p>	<p>Réduit la formation d'amines aromatiques hétérocycliques et leurs effets mutagènes grâce à l'effet antioxydantes du miel.</p>
<p>Additif pour crème glacée et pâte surgelées</p>	<p>Meilleure stabilité et propriétés sensorielles</p>
<p>Miel en poudre</p>	<p>Texture, la saveur et la couleur cohérente, permettant le mélange avec d'autres ingrédients secs et réduire l'espace de stockage.</p>

1. Déshydratation du miel

1.1. Poudre de miel

Dans la plupart des applications, le miel liquide est utilisé tel quel et comme tout autre aliment liquide visqueux, le miel pose des problèmes de manipulation. Le miel ayant une viscosité élevée, la perte d'adhérence aux récipients est appréciable à moins que des efforts particuliers ne soient faits pour le récupérer complètement. Le miel sous forme séchée pourrait surmonter ces problèmes et, par conséquent, a un bon potentiel commercial dans l'industrie de la boulangerie (gâteaux et pain) et de la confiserie, il permet d'améliorer l'attrait des ventes, ainsi que la saveur, la couleur, l'arôme, la texture et la qualité de conservation du produit.



L'utilisation de miel séché dans certains types de bonbons, tels que les nougats au miel, les caramels, éliminerait la saveur nuisible à la cuisson à haute température qui était autrement nécessaire pour éliminer l'eau dans leur préparation. Les autres avantages de la poudre de miel séchée sont l'espace de stockage réduit et la facilité de manipulation (Umesh Hebbar et al., 2008).

1.1.1. Technologie de fabrication

La plupart des procédés commerciaux transforment le miel liquide soit par le biais d'un tambour / rouleau ou d'un procédé de séchage par atomisation. D'autres technologies telles que les micro-ondes et la lyophilisation sous vide sont également utilisées. On peut citer quelques procédés :

➤ Miel mélangé avec l'amidon cireux

Un procédé a été décrit pour le séchage par atomisation du miel dans lequel de l'amidon cireux a été ajouté au miel, et le mélange a été dilué avec de l'eau jusqu'à 20-25%, puis séché par atomisation à une température d'entrée de 140 –150 ° C et une température d'échappement de 90–95 ° C.

La poudre de miel séchée avait tendance à se déliquescence lorsqu'elle était exposée à l'air, et par conséquent, la nécessité d'un emballage dans des sachets en feuille d'aluminium stratifiée [12,5 µm de polyéthylène téréphtalate (PET) / 9 µm de feuille d'aluminium / 38 µm de polyéthylène basse densité (LDPE)] a été indiquée pour un stockage à long terme (un an) du produit. La teneur en miel du produit final était inférieure à 50%.

➤ **Miel mélangé avec des fibres alimentaires hydrosolubles :**

Ils ont signalés un processus consistant à mélanger et à dissoudre des fibres alimentaires hydrosolubles dans du miel et à sécher par atomisation. Le produit obtenu par ce procédé a été revendu comme aliment fonctionnel car les fibres alimentaires hydrosolubles sont connues pour améliorer la digestion. Cependant, la teneur en humidité plus élevée (72%) de l'alimentation augmenterait le coût du séchage.

➤ **L'ajout d'antioxydants, supports et dispersants au miel**

Ils ont mis au point un procédé dans lequel des antioxydants, des supports, des dispersants partiels ont été ajoutés au miel et le pH de la solution d'alimentation aqueuse a été maintenu entre 6,5 et 7,5, et le mélange a finalement été séché par atomisation. La poudre de miel obtenue n'était pas hygroscopique et possédait une bonne saveur et un goût agréable, en plus d'une durée de conservation plus longue. Cependant, la faible teneur en solides (25%) du matériau d'alimentation nécessiterait une énergie plus élevée pour le séchage (Umesh Hebbar et al., 2008).

➤ **Miel mélangé avec des additifs (dextrine, maltose, agent antiagglomérant)**

Le diagramme du processus de production de poudre de miel séchée par atomisation est présenté dans la Figure 7.

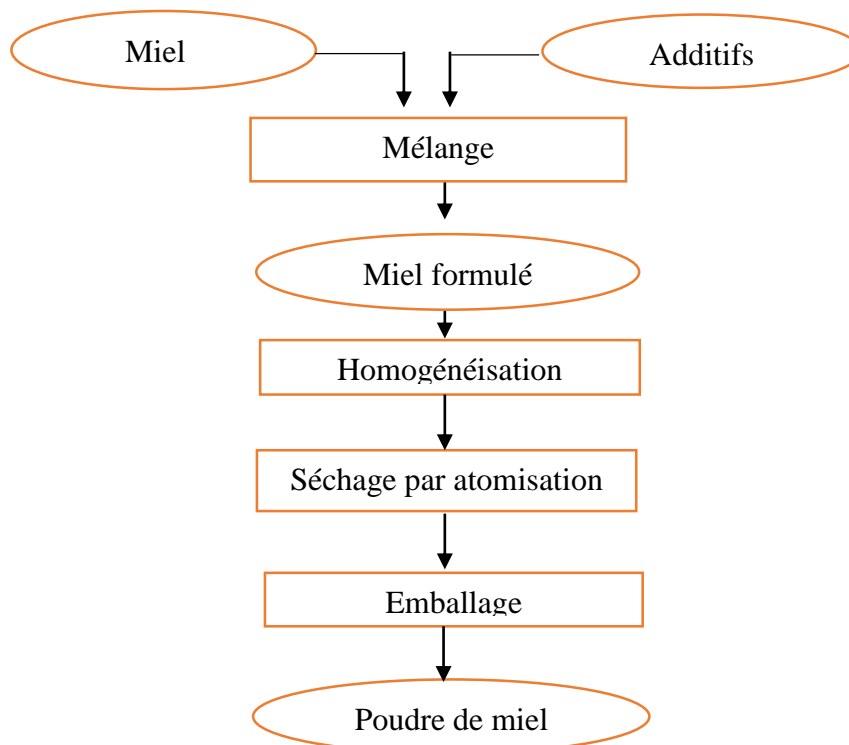


Figure N° 7 : Diagramme de fabrication de poudre de miel séchée par atomisation (Umesh Hebbar et al., 2008).

Une méthode améliorée de production de poudre de miel séchée par atomisation a ensuite été développée. Cela pourrait éliminer certains des inconvénients des procédés mentionnés ci-dessus. Le produit avait une teneur en miel raisonnablement bonne (52%), une saveur de miel caractéristique, une couleur acceptable avec une teinte jaune et une texture dispersée. Le miel a été mélangé avec des additifs tels que la dextrine, le maltose et un agent antiagglomérant, et le mélange a été séché par atomisation à des températures d'entrée et de sortie comprises entre 115 et 125 ° C et 80-85 ° C, respectivement, qui sont bien inférieures aux conditions employées dans les autres méthodes connues. Compte tenu de la nature thermolabile du miel, des conditions de séchage douces ont été appliquées pour obtenir un produit de bonne qualité.

1.1.2. Additifs couramment utilisés et leur rôle dans le séchage

Le miel liquide, à très haute teneur en sucre, est difficile à sécher en tant que tel et certains additifs sont ajoutés pour faciliter le séchage. Le caractère collant des produits sucrés est lié à leur faible température de transition vitreuse (Tg) et à leur température de point collant (Tst).

Une des méthodes pour réduire le caractère collant des poudres consiste à ajouter des composants à Tg plus élevée à l'alimentation avant le séchage. Normalement, les ingrédients tels que l'amidon modifié, la farine ou le son sont ajoutés à l'aliment sucré pour augmenter la Tg. D'autres ingrédients, tels qu'un agent antiagglomérant, sont ajoutés à l'aliment pour réduire l'hygroscopicité de l'aliment.

Les additifs suivants sont couramment utilisés dans la production de poudre de miel :

➤ Édulcorants

Divers édulcorants tels que le sirop de maïs, les maltodextrines, le sucre et le sirop de sucre sont ajoutés au miel. Ces édulcorants augmentent la Tg des produits, en plus d'améliorer la douceur du produit. Comme ces additifs modifient la sensation en bouche et changent la couleur du produit, il peut être souhaitable d'optimiser la quantité d'addition d'édulcorants, en gardant à l'esprit la teneur plus élevée en miel dans le produit.

➤ Agents de séchage et antiagglomérants

Des agents de séchage et antiagglomérants sont ajoutés pour améliorer les caractéristiques de séchage et retarder la tendance au mottage du produit. Les agents antiagglomérants couramment utilisés sont le stéarate de calcium, le triphosphate de calcium et le carbonate de magnésium. L'ajout de ces agents antiagglomérants en petites quantités (<2%

de la teneur en solides) modifie le pH de la matière d'alimentation, améliorant ses caractéristiques de séchage. Des gommés, telles que la gomme arabica et le xanthane, sont également ajoutées pour améliorer les caractéristiques de séchage du produit. D'autres ingrédients tels que des fibres, des protéines, des vitamines, etc., sont ajoutés pour produire des produits fabriqués sur mesure (Umesh Hebbar et al., 2008).

1.2. Flocons de miel

Un procédé (Figure 8) pour les flocons / poudres de miel a été rapporté, utilisant des rouleaux réfrigérés. Le processus continu implique une concentration rapide de miel liquide, soit sous forme pure, soit avec l'ajout de sirop de saccharose dans un évaporateur à couche mince agité. Le concentré obtenu à partir de l'évaporateur est amené à une paire de rouleaux refroidis pour le presser en une feuille mince et ensuite en flocons. Les flocons sont transformés en poudre à l'aide d'un broyeur à marteaux.

Selon les inventeurs, l'évaluation organoleptique du produit obtenu correspondait presque à la saveur, la couleur et l'arôme du miel d'origine. Le produit avait une durée de conservation de plus d'un an lorsqu'il était conservé à température ambiante. Bien qu'une agglomération du produit ait été remarquée pendant le stockage, cependant aucune perte appréciable de saveur et de couleur n'a été signalée (Umesh Hebbar et al., 2008).

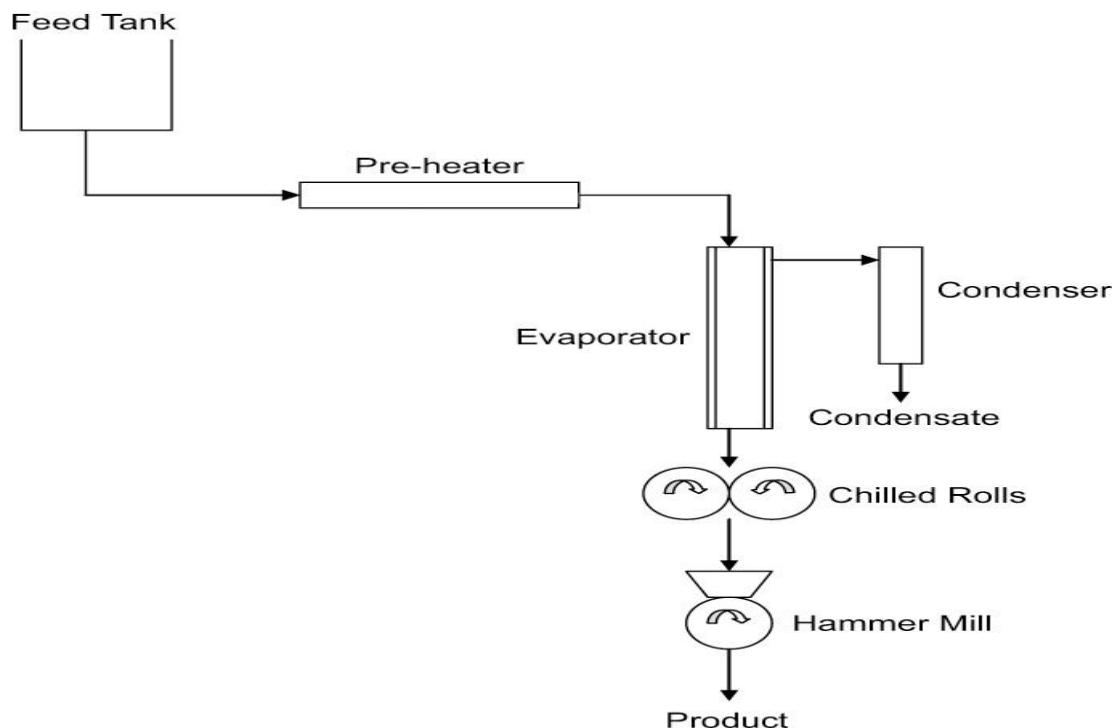


Figure N° 8 : Procédé de fabrication de flocons/ poudre de miel (Umesh Hebbar et al., 2008).

1.3. Miel granulé

Le miel se transforme parfois en un état semi-solide, qui est appelé cristallisation ou granulation. Ce phénomène naturel se produit lorsque le glucose précipite spontanément de la solution sursaturée. Bien que la cristallisation dans le miel ne soit pas souhaitable, une cristallisation contrôlée est appliquée pour obtenir un produit souhaitable ayant une consistance étalée et lisse. Pour produire de fins cristaux, de nombreux noyaux (amorces de cristaux) doivent être présents dans le miel liquide.



Le procédé Dyce est couramment utilisé pour la production de miel granulé. Ce processus implique l'ajout de noyaux de démarrage au miel qui est chauffé deux fois (à 49 ° C et 66 ° C) puis filtré. Le miel granulé de consistance tartinable est obtenu sur une longue période de traitement de 4 à 5 jours (Umesh Hebbar et al., 2008).

1.4. Miel Co-cristallisé

Le miel est un produit commercial qui présente des difficultés dans les industries alimentaires liées à la cristallisation à l'intérieur des emballages. Les ingrédients secs sont faciles à manipuler. Le miel Co-cristallisé avec du saccharose est un produit sec qui peut être utilisé dans l'industrie alimentaire pour autant qu'il répond aux exigences de sécurité et sensorielles.

Le processus de Co-cristallisation a été utilisé pour produire un ingrédient sec à base de miel, montrant une bonne stabilité et acceptation sensorielle. La formation d'une matrice saccharose-miel peut être un processus réalisable pour créer un produit sec et standard pour une application dans différents systèmes alimentaires. La manipulation, le transport et le stockage des produits secs sont plus faciles par rapport aux produits hautement visqueux (Quast et al., 2020).

Le jus d'ananas sucré avec du miel Co-cristallisé avec du saccharose a montré une bonne acceptation sensorielle et une bonne intention d'achat, indiquant une possibilité d'utilisation dans les formulations alimentaires (Quast et al., 2020).

Le sirop de saccharose a été chauffé à 128 ° C avant l'addition d'une quantité connue de miel et refroidi ultérieurement à moins de 60 ° C pour minimiser la dégradation de la saveur du miel et pour augmenter la sursaturation des sucres. La poudre granulaire obtenue a donné une bonne consistance du produit et un angle de repos favorable (Umesh Hebbar et al., 2008).

2. Confiserie

2.1. Nougat

2.1.1. Définition

Le nougat (en latin *nux gatum*, signifiant gâteau à la noix) est un produit de confiserie qui est traditionnellement bien connue dans la région méditerranéenne et le Moyen Orient. Il se définit comme étant la masse obtenue par cuisson du miel et du sucre, avec ou sans ajout d'albumine, avec incorporation des amandes grillées. Sachant que le miel peut être remplacé totalement ou partiellement par les différents types des sucres et leurs dérivés. L'amande peut être aussi substituée par d'autres fruits secs (pistaches, noisettes cacahouètes...).

2.1.2. Composition du nougat

Les éléments constitutifs essentiels du nougat sont le sucre, le miel, le blanc d'œuf (on peut le remplacer par l'albumine d'œuf, albumine de lait, gélatine alimentaire), arôme naturel de vanille et fruits secs (amandes, pistaches...).

Ces éléments peuvent être répartis comme suit :

- **La pâte de base**, de consistance dure ou tendre, est constituée par des matières sucrantes.
- **Garniture**, composée par des ingrédients de base sous formes de fruits secs représentant au moins 15 % du produit fini et/ou des ingrédients facultatifs pouvant être ajoutés dans la garniture, tels que les noix, les arachides, fruits confits, les céréales soufflées...

2.1.3. Types de nougats

➤ **Nougat à pâte aéré (nougat blanc) :**

La pâte de base, de consistance dure ou tendre, est constituée par des matières sucrantes, elle peut être notamment additionnée de miel. L'aération de la pâte de base est obtenue à l'aide d'un ou plusieurs agents d'aération autorisés, tels que : blanc d'œuf de poule, albumine d'œuf, albumine de lait, gélatine alimentaire...

➤ **Nougat à pâte non aérée (nougat noir)**

La pâte de base, de consistance dure, est constituée d'un sirop de matières sucrantes, cuit et fortement caramélisé. Elle peut être notamment additionnée de miel (**Rivero, 2006**).

2.1.4. La valeur nutritionnelle

Des preuves scientifiques indiquent que le miel est une excellente source d'énergie car les sucres qui le composent (fructose et glucose) sont rapidement assimilés par l'organisme humain, à la fois par des personnes en bonne santé (Mezler, 1989).

Le nougat renferme des noix (amande, pistache...) qui possèdent des valeurs nutritives intéressantes :

- Protéines
- Sels minéraux tels que le zinc, le magnésium, le potassium et le fer. Ce fruit à coque est celui qui contient le plus de calcium.
- Vitamines (vitamine E et de vitamine A) et des fibres.

Il est également un produit très énergétique, il est principalement composé de sucre et de miel d'où il faut le consommer avec modération (Blot et al., 2003). Le tableau IV (ci-dessous) présente la composition nutritionnelle du nougat (Valeurs moyennes calculées pour 100g de nougat).

Tableau IV : Valeurs nutritionnelles pour 100g de nougat de Montélimar (Blot et al., 2003).

Composants	Valeurs moyennes calculées pour 100 g
Glucide	69 g
Protide	7 g
Lipide	18 g
Valeur énergétique	466 Kcal

2.1.5. Technologie de fabrication du nougat blanc

Il convient de différencier les fabriques industrielles (méthode « sous vide ») et les fabriques artisanales (utilisation de chaudrons en cuivre pour la cuisson du nougat) différenciation portant uniquement sur la méthode de fabrication utilisée. Le processus de fabrication industriel du nougat est résumé dans la figure 09.

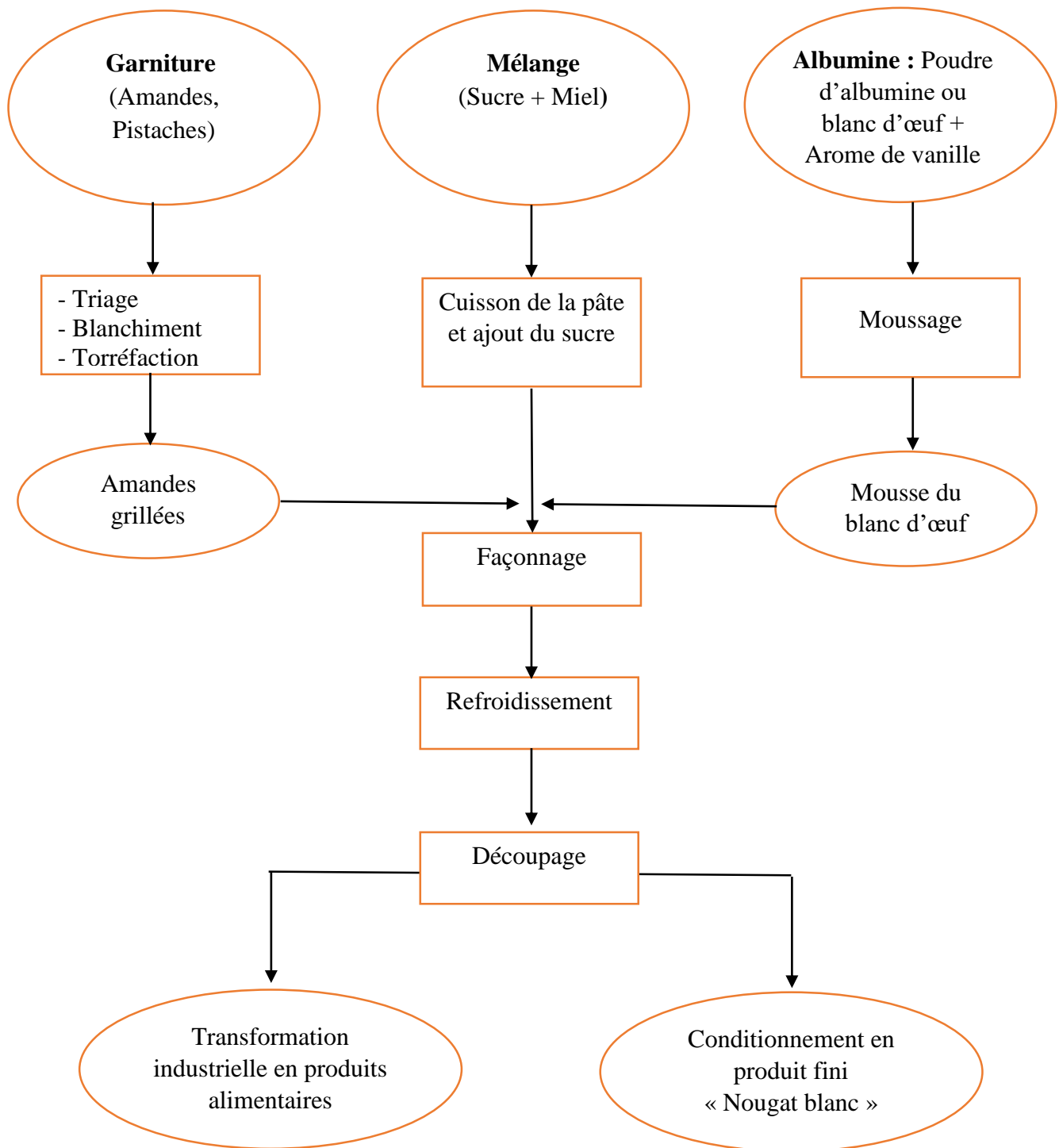


Figure N° 9 : Procédé de fabrication industrielle du nougat Blanc (Blot et al., 2003).

2.1.5.1. Préparation des matières premières

➤ Le choix du miel

Les miels utilisés pour la conception du nougat doivent être des miels de qualité saine, loyale et marchande (miel de lavande, miel monofloral, miel polyfloral, miel de miellat, etc.).

➤ Préparation de garniture (amande et pistache)

- Triages des amandes par flottation et /ou ventilation et / ou tri colorimétrique.
- Un contrôle visuel doit être effectué :
 - Corps étranger (1/50 kg couleur blanche à crème)
 - Absence de piqures d'insectes.
- Un Contrôle organoleptique avant torréfaction :
 - Dégustation de 20 amandes si une amande au plus est amère, le lot est accepté. Si au moins deux amandes sont amères, le lot est déclassé ou le contrôle renforcé, non rances, non huileuses, non oxydées (**MEFE, 2003**).
- Les amandes sont légèrement blanchies et torréfiées. La torréfaction est une étape courante et importante dans la fabrication du nougat. Les amandes sont pelées et grillées à une température de 180°C (**Pueden et al., 2011**).

➤ Préparation d'albumine

L'albumine est obtenue par mélange de poudre d'albumine avec de l'eau, un peu de miel et de l'arôme de vanille naturel. Cette addition d'albumine d'œuf et/ou de blanc d'œuf de poule permettra d'obtenir l'aération de la pâte et également de blanchir la pâte (**Blot et al., 2003**).

Dans la formulation, le blanc d'œufs doit monter en neige. Le « moussage » correspond à une dénaturation des protides du blanc sous l'action du battage avec un fouet. La structure des protéines est modifiée : elles se déroulent et se lient ensuite entre elles, en formant un gel. Les bulles d'air sont alors piégées dans le gel.

Le protocole suivi pour l'obtention des mousses à partir du blanc d'œufs est le suivant :

- Battre les blancs d'œuf, avec un batteur électrique, à faible vitesse pendant 5 min pour incorporer de l'air.
- Accélérer la vitesse et continuer le battage (environ 5 min) pour que les bulles d'air vont progressivement devenir de plus en plus fines et pour former une mousse très fine et régulière (**Brigitte, 2001**).

2.1.5.2. Préparation et cuisson de la pâte du nougat blanc

Le sucre cristal, le sirop de glucose et les différents miels sont pesés selon la recette, puis ils seront cuits à une température de 125°C, dans des chaudrons de façon à obtenir un sirop très concentré (**Blot et al., 2003**).

Le blanc d'œuf préparé préalablement est ajouté au sirop concentré en mélangeant avec un batteur très puissant pour obtenir une pâte blanche et très légère (**Pueden et al., 2011**).

Ce mélange est ensuite stabilisé par l'incorporation de sucre préalablement porté à haute température (qui doit rester blanc), la stabilisation donnera, après cuisson définitive, cet aspect de pâte levée caractérisant le Nougat . La température sera moins élevée pour un nougat tendre que pour un nougat dur (**Blot et al., 2003**).

Les amandes et les pistaches sont ajoutés, et le tout est homogénéisé (**Pueden et al., 2011**).



Figure N° 10 : préparation et cuisson de la pâte de nougat blanc.

2.1.5.3. Façonnage du nougat et refroidissement

La pâte est ensuite coulée dans des moules tapissés de pain azyme (feuilles d'hosties), afin de faciliter le démoulage. Ensuite, les moules sont passés dans un tunnel de refroidissement pour durcir le produit.



Figure N° 11 : Le façonnage du nougat

2.1.5.4. Découpage

Après un démoulage, diverses opérations de sciage donnent au nougat ses formes définitives (papillotes, blocs, barres, dominos...) (**Blot et al., 2003**).



Figure N° 12 : Découpage

2.1.5.5. Conditionnement

Le conditionnement (Figure 13) a pour but d'assurer une meilleure préservation et conservation. La date limite de consommation est limitée à un an du fait de la présence d'amandes, plus sensibles aux altérations que le reste du produit très concentré en sucre.

Pour ce qui est des conditions de conservation, il est recommandé de conserver le nougat à température ambiante dans un endroit sec, non exposé au soleil (**Blot et al., 2003**).



Figure N° 13 : Nougat conditionné

2.1.5.6. Produits dérivés**➤ Poudre du nougat**

La présente invention concerne un procédé de fabrication d'un produit industriel nouveau à savoir une poudre de nougat aromatisante.

Les fabricants de nougat aspirent à recycler et à valoriser leurs chutes. Dans ce but, ils proposent des pâtes de nougat qui sont fabriquées par un procédé consistant schématiquement :

- Dans une première étape à concasser des morceaux de nougat correspondant à des chutes de fabrication de façon à obtenir des brisures de nougat.
- Dans une seconde étape à broyer très finement ces brisures de nougat avec des amandes ou des noisettes de façon à obtenir la pâte de nougat.

Ces pâtes de nougat sont ensuite vendues à des industriels spécialisés en particulier dans la fabrication de glaces et de produits surgelés qui les incorporent à des préparations diverses.

Les pâtes de nougat actuellement proposées sur le marché ne donnent toutefois pas entière satisfaction tant d'un point de vue économique que d'un point de vue purement gustatif.

En effet, leur procédé de fabrication est long et coûteux en énergie compte tenu notamment de l'obligation d'utiliser un matériel de broyage particulier et d'ajouter des ingrédients, tels que des amandes ou des noisettes en cours de broyage, voire de reconstituer la formule à la fin de celui-ci (**Hedri, 2004**).

➤ Les truffes de nougat tendre au chocolat noir

Le nougat préparé industriellement colle, se dessèche et durcit avec le temps, ce qui rend malaisé le stockage et la conservation. La présente invention a pour objet un procédé de fabrication qui permet d'obtenir un nougat qui ne colle pas et qui ne durcit pas avec le temps, ce qui en permet la conservation pendant un temps relativement long.

A la quantité de sucre et de glucose additionnée à une quantité d'eau, avant cuisson on ajoute une quantité de chocolat dans une proportion en poids égale à environ 1/5 de la quantité totale de sucre et de glucose, et une quantité de cacao dans une proportion en poids égale à environ 1/5 de la quantité de chocolat. Une partie de la quantité de chocolat amer peut être remplacée par une quantité d'essence de café, la quantité d'essence de café n'étant jamais supérieure à la quantité de chocolat dans le mélange. Ce procédé de fabrication permet de produire du nougat qui peut être débité et conditionné industriellement et qui peut être conservé pendant un temps relativement long (**Jacquemin, 1989**).

2.1.5.7. Législation relative au nougat

L'organisation légale de la profession débute avec la loi du 1er août 1905, qui donne la composition générale du nougat :

« le nougat est une pâte cuite de sucre, de glucose, de miel, de blanc d'œuf, frais ou desséché, additionnée, suivant le cas d'amandes, noisettes, pistaches, noyaux, fruits, etc., parfumée et colorée ».

La circulaire 16 appliquée à partir du 19 décembre 1910 apporte quelques précisions : « le nougat est une sorte de pâte de guimauve, additionnée de miel, dans laquelle se trouvent enrobées des amandes, et parfois des avelines et des pistaches. » L'appellation « Nougat » est réservée à des produits contenant au moins 15% d'amandes ou de noisettes.

La définition juridique ne tient pas compte à présent de l'origine géographique du produit. Et c'est là que les difficultés apparaissent. Des marchands peu scrupuleux vendent sous l'étiquette « nougat » une pâte contenant des cacahuètes. Or l'âme de la friandise réside dans ses amandes. La supercherie est lucrative. Pour se préserver de ces éventuelles fraudes, le label « Indication Géographique Protégée (IGP) » garantit l'origine des produits.

L'appellation Nougat de Montélimar est réservée à des produits contenant au moins 30% d'amandes, ou 28% d'amandes et 2% de pistaches, et 25% de miel par rapport aux matières sucrantes mise en œuvre, dont 2% de miel de lavande produit en France (**Blot et al., 2003**).

2.2. Bonbon au miel

Les bonbons au miel sont un autre produit commercial populaire, contiennent normalement de nombreux autres ingrédients, sont consommés soit comme aliment plaisir, soit pour des applications thérapeutiques telles que l'asthme et la toux (**Umesh Hebbar et al., 2008**).

Des efforts ont été faits pour explorer la possibilité d'utiliser du miel à la place du sucre comme édulcorant pour la production de bonbons. Le sucre blanc est l'agent édulcorant habituel utilisé dans la préparation des bonbons. Un tel sucre contient du saccharose (99,7%). Une consommation excessive de saccharose conduit à différents problèmes de santé, à savoir, des problèmes cardiaques et thrombose coronarienne. Compte tenu des inconvénients liés à une consommation excessive de sucre, un intérêt considérable est porté à l'exploration des possibilités de remplacer le sucre par des édulcorants naturels. Le miel est un édulcorant naturel apprécié comme aliment en raison de sa haute teneur en glucides énergétiques, considéré comme la meilleure source de chaleur et d'énergie (**Durrani et al., 2011**).

2.2.1. Technologie de Fabrication des bonbons au miel

La fabrication de bonbons nécessite des équipements simples avec des matières premières peu onéreuses et un approvisionnement facile (Del Bufalo et al., 2004).

Le processus de fabrication se décompose en 4 étapes :

- Mélange et cuisson des ingrédients en faisant bouillir le mélange de miel, de sucre, d'eau et de beurre dans des chaudrons de cuivre à une température (120-150 ° C) jusqu'à ce qu'il atteigne le stade de fissure dure (Umesh Hebbar et al., 2008).



Figure N° 14 : La cuisson

- Etalage de la préparation sur une table de refroidissement. La pâte est malaxée de temps à autre et aplatie.



Figure N° 15 : Etalage

- Passage de la pâte dans des rouleaux puis découpée selon la forme souhaitée. (Del Bufalo et al., 2004).



Figure N°16 : Découpage

- Conditionnement dans des matériaux d'emballage en verre et en LDPE : Le produit peut être conservé en toute sécurité pendant 6 mois à température ambiante (25–30 ° C). (Durrani et al., 2011).



Figure N° 17 : Conditionnement

2.3. Sucettes et rondelles de pomme séchées au miel

La pomme est un fruit périssable à haute valeur nutritionnelle et les pertes survenant pendant la récolte, le transport, la commercialisation et le stockage sont assez élevées ; ainsi pour éviter de telles pertes énormes et pour prolonger la durée de conservation, le séchage peut être fait. Les fruits secs sont bénéfiques pour la santé humaine. Comme la demande du marché pour des produits fonctionnels à base de fruits augmente de jour en jour parce que les consommateurs deviennent soucieux de leur santé, le miel peut être utilisé comme agent osmotique pour le séchage des anneaux qui peuvent atteindre un prix élevé sur le marché.

Cependant, la déshydratation osmotique est un type de séchage et est considérée comme une méthode de conservation qui fournit un produit de haute qualité grâce à l'élimination de l'eau sans changement de phase. Cette méthode modifie la texture, la saveur, la composition et le goût du produit final (Sharma et al., 2020) .

2.4. Pâtes à tartiner à base de miel

Les pâtes à tartiner à base de miel augmentent la demande de miel et fournissent des produits de qualité supérieure, aux clients, en termes de nutrition et de goût. Ces pâtes à tartiner préparées en employant un traitement thermique contrôlé avec ou sans incorporation de pulpe de fruit et d'autres ingrédients essentiels (sucre, acide citrique et pectine) ont un grand potentiel de marché puisqu'elles sont consommées avec du pain et des sandwichs.



La préparation des pâtes à tartiner de fruits à base de miel peut être considérée comme l'un des meilleurs moyens d'utilisation des fruits en plus d'être une technique de conservation

importante. Les pâtes à tartiner à faible teneur en matière grasse ayant diverses saveurs préparées en mélangeant du beurre ou de la margarine avec du miel sont également des produits à succès commercial.

Le pH bas et la pression osmotique élevée (en raison de la forte concentration de sucre) inhibent la croissance des micro-organismes en propagation, le rendant plus stable même à température ambiante (Umesh Hebbar et al., 2008).

2.5. La confiture

Les besoins alimentaires de la population locale sont variés et nécessitent de nombreuses couleurs, arômes et saveurs. Nous avons donc besoin de produits innovants tels que les confitures de fruits au miel. Il formule un produit à base de fruit-miel pour obtenir une confiture sensorielle acceptable entre différentes formulations. La couleur sensorielle distinguée n'est pas différente, mais dans l'arôme, la saveur et l'aspect général, il est établi que la meilleure acceptée est la formulation avec 50% de fruits et 50% de miel.



L'analyse physico-chimique montre que la confiture a les critères nécessaires pour se conformer aux normes de qualité, avec une faible teneur en lipides, protéines et cendres, un degré Brix caractéristiques d'une marmelade, acidité et faible humidité qui établissent des avantages en termes de durée de conservation.

Le coût de production est accessible pour la production d'une petite entreprise et qu'un apiculteur ou un producteur avec un verger de canneberges aurait l'avantage d'une matière première sans coût (Lazcano-Hernández et al., 2016).

3. Utilisation du miel pour la fabrication du Pain d'épices

3.1. Définition

Le pain d'épices est un gâteau plus ou moins moelleux et aéré, très sucré et épicé. Il est de couleur brune, plus ou moins foncée. Dans les temps anciens, il était nommé le **pain au miel** ; son nom latin est « Panis Mellitus ».



3.2. Appellations

L'appellation « pain d'épices pur miel » est réservée au pain d'épices dont la composition ne comprend aucune matière sucrante autre que le miel. Il est commercialisé sous l'appellation « au miel » lorsque celui-ci représente 50 % des matières sucrantes (soit le ¼ du produit) (Fauquette, 2003).

3.3. Composition et valeurs nutritionnelles

La composition nutritionnelle du pain d'épices :

- ✓ Taux d'humidité : 15%
- ✓ Coefficient d'imbibition à 20°C : 190 à 270
- ✓ Cendres : 0.75 à 1.85 %
- ✓ Matières grasses : 2.98 à 3.65 %
- ✓ Matières azotées : 7.5 à 10.5 %
- ✓ Matières sucrantes : 32 à 34 %
- ✓ Cellulose : 0.3 %
- ✓ Calories : 305 kcal/100 g

Il est riche en glucides et il est presque dépourvu de lipides (pauvre en matières grasses). Le sucre, du fait de ses propriétés de rétention d'eau, réduit l'hydratation du gluten ce qui aboutit à la formation d'une mie beaucoup plus moelleuse avec un taux d'humidité de 15 %. Ayant une teneur en calories élevée donc il n'est pas conseillé dans les régimes de type diabète et obésité mais il est intéressant dans le cadre de régime hypo lipidique car il est pauvre en matières grasses (1 g pour 100 g) (Fauquette, 2003).

3.4. Caractéristiques des matières premières utilisées dans la conception du pain d'épice**➤ La farine**

Pour le pain d'épices, on utilise la farine de froment (blé) ou de seigle ou un mélange de ces deux farines. La farine de seigle a l'avantage de retenir l'humidité de l'air. Le pain reste ainsi beaucoup plus moelleux.

➤ Le miel

Il existe une très grande diversité de miels qui se traduit principalement à l'analyse chimique par des différences de composition en sucres, en matières pigmentaires et en essences aromatiques.

Deux propriétés physiques sont à développer principalement :

- la couleur qui participe elle-même à la couleur finale du pain d'épices.
- la viscosité.

Le miel constitue un des éléments qui communique la saveur particulière des pains d'épices. De plus par sa composition de 70% de dextrose et de lévulose, il empêche la pâte de se dessécher trop rapidement et lui permet de se conserver plus longtemps moelleuse.

La quantité de miel varie suivant la qualité du pain d'épices recherchée. Elle peut varier jusqu'au poids égal à celui de la farine.

➤ Le sucre

Dans le pain d'épices, c'est un mélange de saccharose, de glucose et de fructose (ces deux derniers à part égales) appelé sucre inverti qui peut être utilisé sous forme de sirop. Le sucre inverti s'obtient par hydrolyse du saccharose et fixation d'une molécule d'eau.

➤ Les œufs

Seul le jaune d'œuf entre dans la composition du pain d'épices.

Les propriétés recherchées dans le domaine de la biscuiterie et de la pâtisserie sont les pouvoirs mouillant, liant, émulsifiant, moussant, colorant aromatique.

a. Pouvoir émulsifiant

Le jaune est un très bon émulsifiant. Il permet d'augmenter la viscosité de l'émulsion pour la rendre plus stable. En effet, c'est la viscosité de la phase continue qui, en ralentissant le mouvement des gouttelettes lipidiques, joue le rôle de stabilisateur.

b. Viscosité

Le jaune d'œuf est un fluide très visqueux et fluidifiant.

c. Pouvoir colorant

Le jaune renferme des xanthophylles (lutéines et zéaxanthines) qui sont les pigments responsables de sa coloration.

d. Pouvoir gélifiant (ou coagulant)

Le jaune s'épaissit à partir de 65°C et coagule à 85°C.

e. Pouvoir aromatisant

L'œuf est utilisé en agro-alimentaire car il confère un arôme particulier. De plus, le jaune d'œuf est un fixateur et un exhausteur des autres arômes provenant des composants d'un mélange.

➤ Les épices et aromates

Les épices les plus couramment utilisées dans le pain d'épices sont la cannelle, l'anis, la réglisse, le poivre, la coriandre, le gingembre, la vanille, les écorces d'oranges et de citrons, noix de muscade, clou de girofle, cardamome. A titre indicatif, on, compte environ 10 grammes de mélange d'épices par kilo de pâte...

➤ Les substances levants

Ce sont des substances ou des combinaisons de substances constituées de sels minéraux qui réagissent chimiquement en présence d'eau, libérant alors du dioxyde de carbone au cours de la cuisson. Ces substances et mélanges d'additifs destinés au consommateur final peuvent être trouvés sous la dénomination de levures chimiques (**Fauquette, 2003**).

3.6. Technologie de fabrication

La fabrication est décrite par les étapes suivantes (Figure 18) :

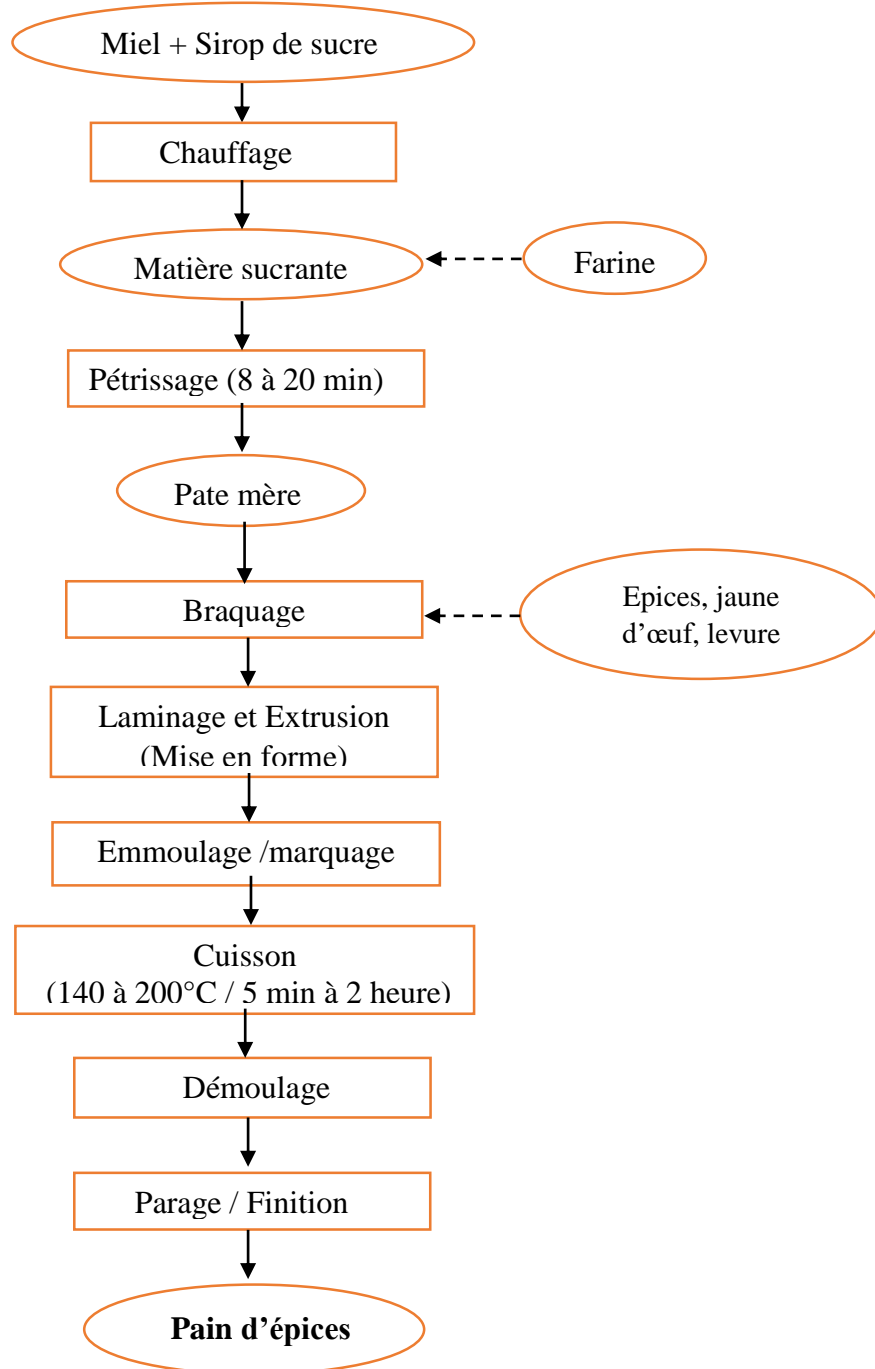


Figure N° 18 : Procédé de fabrication du pain d'épices (Fauquette, 2003).

3.6.1. Confection de la pâte mère

On appelle « pâte mère » une pâte constituée par un mélange de farine avec une ou plusieurs matières sucrantes qui resteront en contact.

Pour préparer ces pâtes mères, la matière sucrante est préalablement chauffée : on a mis le miel et le sirop de sucre inverti dans des cuves en cuivre qui sont placées sur des brûleurs à gaz. On chauffe jusqu'à 60°C. Le mélange ne doit pas atteindre l'ébullition.

On introduit ensuite la matière sucrante refroidie dans un pétrin et on y ajoute peu à peu la farine. Le pétrissage dure 8 à 20 minutes.

La pâte mère obtenue est alors versée dans des bacs en bois d'environ 1.25m de long et 70 cm de large et recouverte d'un film plastique.

La pâte mère peut être utilisée fraîche (durant 4 jours) ou après avoir reposé 1 à 2 semaines, suivant le type de produit à obtenir.

3.6.2. Braquage et mise en forme

Après un repos convenable des pâtes mères, un malaxage est effectué dans un pétrisseur-mélangeur universel.

Lorsque le mélange est convenable et bien ramolli, on ajoute alors les divers épices, les jaunes d'œufs, ainsi que les poudres levantes préalablement dissoutes dans un peu d'eau. On obtient ainsi la pâte définitive telle qu'elle sera enfournée. Ces opérations constituent, ce que l'on appelle le braquage. On laisse reposer la pâte braquée avant de passer à l'opération d'extrusion.

L'extrusion (mise en forme) consiste à passer la pâte dans une pâtonneuse d'où la pâte sort sous forme de gros cylindres dénommés pâtons qui sont alors passés au laminoir jusqu'à l'épaisseur désirée (de 2 à 20 mm). C'est le laminage.

Cette bande de pâte peut alors être découpée. On utilise des emporte-pièces métalliques pour les sujets fantaisies, les animaux...

On place ensuite la pâte découpée dans des moules. C'est l'emmoulage et le marquage.

La surface de la pâte est badigeonnée d'un mélange de lait et de jaune d'œuf qui prendra son brillant pendant la cuisson (**Fauquette, 2003**).

3.6.3. Cuisson

La cuisson s'effectue dans un four relativement doux. Le pain d'épices n'a besoin que de 140 à 200 °C selon la variété désirée. Le temps de cuisson est variable, entre 5 minutes jusqu'à 2 heures.

Pendant la cuisson, la pâte subit des transformations physiques et chimiques :

- Elle augmente de volume grâce au développement des bulles gazeuses d'acide carbonique provenant de la décomposition des poudres levants qui soulèvent les particules de pâte.
- L'amidon de la farine, chauffé en présence de l'eau devient peu à peu de l'empois d'amidon, les grains se gonflant et se soudant plus ou moins entre eux en même temps qu'une partie se solubilise pour donner de l'amyloextrine. Le gluten lui-même s'étire, mais est finalement coagulé par la chaleur et contribuera précisément à maintenir ultérieurement le gonflement produit par la cuisson.
- la croûte qui se forme rapidement évite l'évaporation de l'eau intérieure.
- les sucres subissent une transformation importante : le brunissement, la cuisson mène à des réactions de brunissement non enzymatique, caramélisation et réactions de Maillard. Les réactions de Maillard impliquent des sucres simples et les groupements aminés des protides (œufs) dans la formation de composés bruns polymérisés et non volatils, les mélanoidines. La caramélisation, qui n'implique que des sucres simples et qui requiert des températures plus élevées, conduit à une série de produits colorés, du jaune pâle au brun foncé, ou aromatiques, variant du caramel à l'amer ou au brûlé.

Les pains d'épices sont ensuite démoulés et déposés sur des plateaux qui sont alors placés sur des chariots. Les moules en fer, eux, sont nettoyés puis graissés pour être utilisés à nouveau.

3.6.4. Parage / Finition

Le parage du pain d'épices cuit a pour but d'améliorer la présentation. Après quelques heures de refroidissement/réhydratation (48 heures en moyenne), Les pains peuvent ensuite être décorés manuellement par des fruits confits, ils peuvent également être glacés au chocolat noir.

Seul un contrôle organoleptique est effectué par les opérateurs sur ligne (**Fauquette, 2003**).

3.6.5. Conditionnement / Stockage

Les pains d'épices sont emballés sous cellophane par une machine floppack puis mis en boîte carton manuellement.

La date de conservation peut atteindre l'année si l'on le place dans des endroits ni trop secs ni trop humides. Il suffit de « le garder dans son papier plastique, Cellophane, papier aluminium ou papier film d'origine, bien fermé et de l'éloigner du froid et du chaud ».

Le pain d'épices est un produit humide mais possède une faible aw ce qui signifie qu'une part importante de l'eau du produit n'est plus disponible ce qui permet de retarder les réactions de dégradations et freine la croissance des micro-organismes.

De plus, aucune matière grasse n'est introduite dans le produit ; il n'y donc pas de problème d'oxydation qui demanderait un film étanche.

Les pain d'épices filmés sont étiquetés puis mis en caisses de stockage en bois. Ces caisses de stockage sont ensuite identifiées à la main puis entreposées à température ambiante (Fauquette, 2003).

4. Yaourt enrichi en miel

Ces dernières années, il y a eu un intérêt croissant pour l'utilisation et l'incorporation d'additifs alimentaires naturels dans l'alimentation.

Le yaourt est un produit laitier fermenté bien connu, qui est généralement fabriqué à partir de lait de vache avec ou sans addition de certains dérivés naturels du lait, et avec la structure du gel étant le résultat de la coagulation des protéines du lait par l'acide lactique produit par *Streptococcus thermophilus* (S. thermophilus) et *Lactobacillus bulgaricus* (L. bulgaricus) (Varga, 2006).

L'ajout de miel a augmenté la teneur totale en solides du produit, augmentant ainsi sa valeur alimentaire totale, il peut aussi diminuer l'acidité des solutions. Cette propriété pourrait servir à augmenter l'acceptabilité des consommateurs pour les produits acides tels que le yaourt. Les bifidobactéries ont été fortement activées en mélangeant du miel avec du lait de yaourt, ce qui fait que le miel pourrait être utilisé comme un prébiotique dans la production de bio-yaourts. Le résultat des propriétés organoleptiques du yaourt a permis de constater qu'il n'y avait aucune différence de couleur et d'apparence alors qu'il y avait des différences dans le corps, la texture



et la saveur. L'incorporation de miel a grandement amélioré les scores d'évaluation sensorielle du yaourt obtenu (Ammar *et al.*, 2019).

5. Le beurre de miel

Le beurre de miel est un produit commercialisé seulement au Canada et aux États-Unis. C'est un mélange de miel cristallisé en graine très fine et de beurre pur. Les proportions du mélange de miel, qui sont probablement de 55 % de miel de trèfle blanc et de 45 % de beurre, et le traitement qui permet sa conservation, ne sont pas publiées : il est vendu sous brevet depuis les années 1930, par une firme de l'Ontario, et est commercialisé sous licence aux États-



Unis, par une société de l'État de New York et une autre, de l'État de Californie. Ce produit est acheté par un petit groupe de connaisseurs. Les amateurs de miel pourront déguster un aliment équivalent constitué d'un mélange de miel et de beurre qu'ils consommeront immédiatement après sa préparation (Jean Marie, 2007).

6. Préservation des fruits et légumes par le miel

Les miels de différentes sources florales ont été évalués pour leur teneur en antioxydants et pour leur capacité à inhiber le brunissement enzymatique des fruits et légumes. Les teneurs en antioxydants des miels varient considérablement de différentes sources florales, tout comme leurs capacités à se protéger contre le brunissement enzymatique. L'activité du polyphénol oxydase (PPO) a été réduite sur une plage de 2 à 45% dans les homogénats de fruits et légumes, ce qui correspond à une réduction de l'indice de brunissement de 2,5 à 12 unités. Le miel de soja était particulièrement efficace par rapport au miel de trèfle, qui avait une teneur en antioxydants similaire. Par rapport aux inhibiteurs commerciaux du brunissement, les miels étaient moins efficaces ; cependant, en combinaison, ils ont ajouté à l'efficacité du métabisulfite et de l'acide ascorbique. Le miel a un grand potentiel pour être utilisé comme source naturelle d'antioxydants pour réduire les effets négatifs du brunissement du PPO dans la transformation des fruits et légumes (Chen *et al.*, 2000).

7. Déshydratation des fruits par le miel

Un processus nouveau et durable pour la déshydratation des fruits a été décrit. Plus précisément, des enrobages comestibles à base de pectine et de miel ont été préparés et utilisés comme agents déshydratants et antimicrobiens d'échantillons de fruits coupés, favorisant ainsi la préservation des fruits contre les processus de détérioration irréversibles.

L'enrobage pectine-miel a été testé sur pomme, melon cantaloup, mangue et ananas. L'analyse a également été réalisée sur des fruits déshydratés non enrobés (témoin). Le fruit enrobé a démontré un pourcentage de déshydratation amélioré, des teneurs en polyphénols et en vitamine C enrichis, une activité antioxydante améliorée et un profil de molécules volatiles. De plus, l'activité antimicrobienne contre *Pseudomonas* et *Escherichia coli* a été évaluée.

L'enrobage de pectine-miel, était capable à la fois de préserver la sécurité et la qualité des fruits déshydratés et d'améliorer leur authenticité (**Santagata et al., 2018**).

***Chapitre III : Dérivés du
miel : Hydromel et vinaigre***

1. Hydromel

Le développement des produits dérivés du miel semblent être une alternative judicieuse pour fournir des boissons alcoolisées innovantes aux consommateurs et d'accroître les bénéfices de l'industrie apicole.

L'hydromel semble être une bonne option pour augmenter les revenus des producteurs de miel, permettant le développement d'une boisson peu connue dans certains pays mais possédant un grand potentiel. Ceci est également conforme à la situation actuelle des consommateurs exigeant plus d'options et une volonté d'essayer de nouveaux produits. En effet, le grand potentiel de l'hydromel est déjà évident dans certains pays (Iglesias et al., 2014).



1.1. Historique

Une des premières recettes écrites vient d'Aristote en 350 av. J.-C. Le mot « hydromel » vient du grec et désigne les éléments qui le composent : l'eau (hudor) et miel (meli). Comme les Romains, les Grecs ajoutaient du miel dans leurs vins pour les adoucir (le mélange s'appelait alors oenomel ou mulsum) et du miel dans l'eau ou dans le jus des fruits (breuvages nommés aquamulsa et melomeli). Pour les peuples du Nord (Vikings) et pour les Germains, l'hydromel symbolisait la force et l'immortalité. Au Danemark, des restes de boisson au miel ont été découverts au fond d'une coupe, dans une tombe datant de l'âge du bronze, et la traditionnelle « lune de miel » des Nordiques est la provision de vin de miel, suffisante pour un mois lunaire, offerte aux jeunes époux.

Au Moyen Âge, l'hydromel était une boisson très courante dans les pays de l'Est. Les Prussiens utilisaient le terme meda, très proche du mead (« hydromel » en anglais) actuel (Clément, 2011).

1.2. Définition

L'hydromel est un produit dérivé du miel. Il est souvent appelé vin de miel. C'est une boisson alcoolisée fabriquée à partir de miel, d'eau et de levures. Certains producteurs font varier son goût par l'ajout de fruits ou d'épices (Charpentier, 2013).

1.3. Législation

Le décret du mai 1911 confirmant la loi du 1^{er} août 1905 que l'hydromel doit provenir exclusivement de la fermentation du miel dans l'eau, autorisant l'emploi d'adjuvants de fermentation (levures, acide tartrique, collage, clarifiant, tanin, cochenille, etc.). Mais si l'on acquitte les droits sur les boissons alcoolisées variant selon le degré d'alcool, on a la possibilité d'y ajouter des parfums naturels, comme pour toutes les autres liqueurs (**Alphandéry, 2002**).

1.4. Types d'hydromel

On ne classe pas vraiment l'hydromel selon le type de miel utilisé, mais via ce qu'on lui a ajouté pour changer (améliorer) son goût ou son parfum, ou encore par sa structure finale, soit plate et calme, soit un peu piquante ou alors franchement pétillante. En effet, différents types d'hydromel ont été signalés. Les plus courants sont :

- Metheglin (hydromel contenant des épices ou des herbes).
- Melomel (hydromel avec jus de fruits).
- Hippocras (piment aux herbes et épices).
- Hydromel sec (produit avec concentration de miel) (**Iglesias et al., 2014**).

1.5. Technologie de fabrication

La figure 19 représente le procédé de fabrication d'Hydromel :

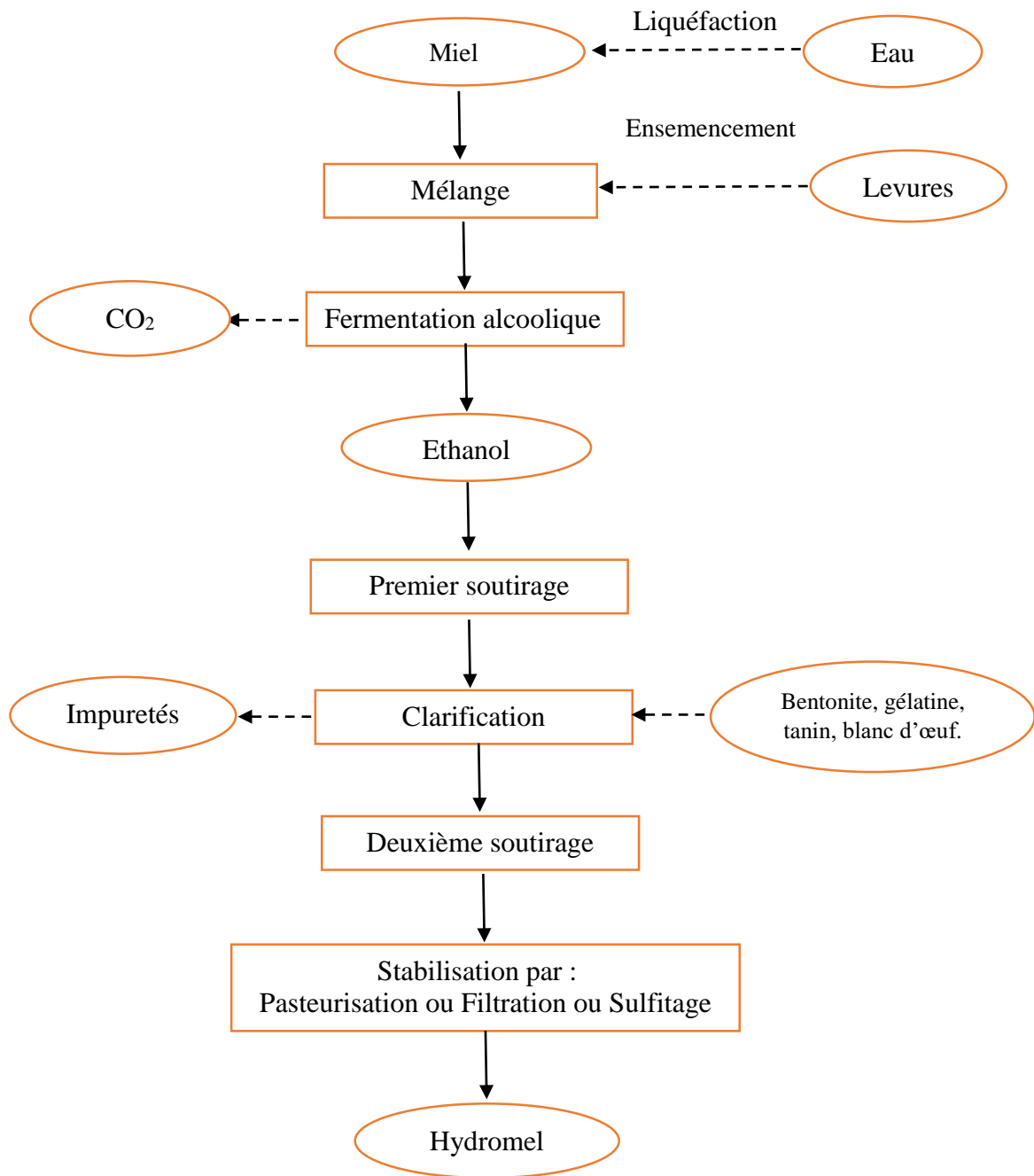


Figure N° 19 : Diagramme de fabrication d'Hydromel

1.5.1. Choix des ingrédients de base

➤ Eau

Pour l'eau, sa composition doit comprendre des sels minéraux. L'utilisation de l'eau du robinet est un bon compromis après l'avoir fait chauffer pour permettre l'évaporation des produits chlorés qu'elle contient.

Pour réussir avec régularité un bon hydromel, il convient d'éviter l'eau de pluie ou l'eau de source si l'on n'est pas certain de leur composition et de leur qualité sanitaire. Les eaux déminéralisées ou les eaux peu minéralisées sont également déconseillées. Ainsi, par exemple, l'eau « Mont Roucoux » ne contient pas assez de minéraux pour réussir un hydromel même si par ailleurs c'est une excellente eau de consommation. Il faut donc préférer des eaux bien minéralisées (**Fers et al., 2016**).

➤ Miel

L'hydromel étant une boisson alcoolisée obtenue à partir de miel, la composition du miel influencera la qualité du produit final (**Ramalhosa et al., 2011**).

Donc il faut utiliser des miels très épurés et sans parfum prononcé. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec des miels blancs de romarin et de sauge. En général, les apiculteurs utilisent les qualités de miel qu'ils n'ont pas pu vendre pour la table. Les miels de colza et tournesol font une qualité acceptable d'hydromel. Avec ces deux types de miel, le problème des approvisionnements ne se pose point, détail indispensable pour une fabrication industrielle ; l'hydromel a toujours le même goût, ce qui n'est pas le cas si l'on utilise différents miels ; l'arrière-goût de chou du miel de colza disparaît en partie dans la fermentation (**Alphandéry, 2002**).

➤ Levures

Les levures sont un autre élément nécessaire à la confection de l'hydromel (**Alphandéry, 2002**). Les levures utilisées dans la production d'hydromel sont généralement des souches de *Saccharomyces cerevisiae*, similaire à celle utilisée dans les productions de vin, de bière et de champagne. Ces levures métabolisent les sucres, tels que le glucose et le fructose, résultant en la formation d'éthanol et de dioxyde de carbone. Cependant, la levure *Hansenula anomala* avait également donné de bons résultats (**Ramalhosa et al., 2011**).

Il existe un très grand nombre de souches de levures pouvant permettre la fermentation du miel en contribuant à la qualité finale de l'hydromel. Le miel possède des levures qui lui sont propres (levures endogènes).

Pour une stabilité du processus de fermentation, le recours à l'ajout de levure standardisée (exogènes) est recommandé. Le type de levure utilisée conditionne le taux d'alcool final. En effet, une fois ce taux d'alcool atteint, différent pour chaque type de levure, l'alcool agit comme un poison pour les levures ce qui stoppe la fermentation.

Il existe différents types des levures exogènes :

- Les levures sèches actives (LSA), à réhydrater dans une solution sucrée selon les indications du fabricant. Elles présentent l'avantage de se conserver longtemps.
- Les levures liquides à introduire directement dans le pied de cuve. Leur conservation est plus limitée même si certains les considèrent comme de meilleure qualité.

Il est également possible d'utiliser de la levure de bière qui permet d'obtenir un taux d'alcool de 13°. Il est préférable de ne pas mélanger deux sortes de levures ensemble du fait de leurs caractéristiques différentes.

➤ **Sels nourriciers.**

Pour permettre aux levures de se multiplier (division de cellule pouvant aller jusqu'à 3 fois par heure) et obtenir rapidement les conditions à une bonne fermentation, les levures ont besoin outre le sucre et l'oxygène, de sels minéraux (azote, potassium, phosphates....).

Contrairement au raisin ou à la pomme, le miel ne contient pas les éléments minéraux nécessaires à la fermentation. Il est donc indispensable d'en rajouter sous forme de sels nutritifs. Même s'il est possible de faire son mélange soi-même, il est préférable pour l'amateur, de l'acheter prêt à l'emploi. Les sels minéraux sont ajoutés avant les levures (**Fers et al., 2016**).

➤ **Les acides**

L'acidité a fonctions étendues et importantes dans les boissons alcoolisées. Acides organiques, tels que l'acide tartrique et malique ont des fonctions importantes pour les caractéristiques organoleptiques et stabilité de ces types de boissons (**Mendes-Ferreira et al., 2010**).

Un hydromel dépourvu d'acidité est fade, manque de brillant et de fraîcheur, sa fermentation est irrégulière, son vieillissement ne l'améliore pas et sa conservation est malaisée. Or, le miel n'a pas une acidité suffisante. Il faut donc rajouter de l'acide au moût. On mesure l'acide en « équivalent d'acide tartrique ».

- **Acide tartrique**

L'acide tartrique est un acide faible provenant du raisin. Il améliore le côté gustatif (acidité), favorise la fermentation et permet de se sécuriser au niveau propreté.

La régulation du pH est indispensable pour une bonne fermentation. Les levures ont besoin d'acidité pour se développer, c'est à dire d'avoir un pH compris entre 3,5 à 4.2. L'acide tartrique est rajouté au départ pour accroître le niveau d'acidité lorsque le pH est supérieur à 4,2. Si le mélange est trop acide (pH <3,5), il est possible de rajouter du bicarbonate de calcium (possible aussi avec du bicarbonate de soude). L'acide tartrique peut être rajouté en fin de fermentation ce qui permet de faire toujours le même hydromel (mesure de l'acidité gustative) et donne un peu de fraîcheur au breuvage.

➤ **Tanin**

Généralement d'origine végétale (écorce de chêne, châtaignier...), ils contribuent au "corps" de la boisson, favorisent vieillissement et augmentent la durée de vie du produit.

Le tanin est un antioxydant et améliore le bouquet. Il participe aux processus de maturation. Le miel n'en contenant pas, il faut donc en ajouter. La dose à utiliser est celle préconisée par le fournisseur du produit. Attention, contrairement au manque de tanin, l'excès ne peut être facilement corrigé. Le tanin sera rajouté après la fermentation en fonction des doses préconisé. (Fers et *al.*, 2016).

1.5.2. Désinfection des récipients

Après avoir bien lavé et rincé le récipient utilisé pour la fermentation, ajoutez une cuillerée à café de métabisulfite de potassium et la même dose d'acide citrique dans un peu d'eau. Fermez le récipient, agitez-le et laissez agir le mélange 15 à 30 min pour désinfecter totalement la cuve. Videz ce mélange, mais ne rincez pas (Clément, 2011).

Tout le matériel (pompes, robinets et tubes) sera en inox, en verre ou en plastique. (Alphandéry, 2002).

1.5.3. Préparation du pied de cuve (le levain)

Un pied de cuve (ou levain) est une préparation conçue pour ensemercer de levure dans le moût. Pour le faire, on prépare une solution de miel (50% miel / 50% eau) qu'on fait bouillir pour la stériliser. On introduit alors les levures, réhydratées le cas échéant, ainsi qu'un peu de sels nourriciers. Une réaction de fermentation se produit, il faut par conséquent prévoir un creux suffisant pour permettre les dégagements gazeux et la mousse produite. Le pied de cuve est prêt au bout de 4 à 5 jours, et peut alors être introduit au moût.

Si la quantité de levure est insuffisante comparé à la quantité de moût à ensemer, on peut inséminer un second pied de cuve plus important avec le premier.

Il faut aussi tenir compte des quantités de miel et de sels du pied de cuve dans le calcul des proportions du moût (**Regard, 2017**).

1.5.4. Préparation du moût

Avant la préparation du moût, et pour confirmer les caractéristiques et la qualité satisfaisante des miels, les paramètres suivants ont été analysés : *humidité (%)*, *pH*, *acidité*, *hydroxyméthylfurfural (HMF)*, *conductivité électrique*, *cendres (%)* et *sucres selon des méthodes standard validées* (**Mendes-Ferreira et al., 2010**).

Préparez le mélange miel/eau dans les proportions désirées. Cela implique la liquéfaction du miel, soit par immersion dans un réservoir d'eau chaude, soit avec un défigeur, soit par étuvage en chambre chaude (**Clément, 2011**). Le moût doit être centrifugé pour réduire les solides insolubles pour obtenir un mout clarifié (**Mendes-Ferreira et al., 2010**).

Il faut environ 24,2 g de miel par litre pour avoir 1° d'alcool. Une teneur en alcool de 10 à 11 % en volume est indispensable pour permettre la conservation. En fonction d'hydromel désiré, la quantité de sucre sera différente. Vérifiez le degré au densimètre puis inscrivez-le (**Clément, 2011**).

1.5.5. Stérilisation du moût

L'étape suivante consiste à réduire la charge microbienne présente dans le milieu pour éviter l'interférence avec le processus de fermentation. Le moût est donc stérilisé, l'ébullition étant la méthode plus couramment utilisée. Cependant, il a été observé que les traitements thermiques sont également capables de modifier la capacité antioxydante du produit, en modifiant leurs profils phénoliques.

Certaines études rapportent des techniques moins agressives pour réduire la charge microbienne, l'ajout de métabisulfite, soit des sels de sodium ou de potassium qui libèrent du dioxyde de soufre qui inhibe ou élimine la majorité des micro-organismes. En outre, l'utilisation de gaz dioxyde de soufre, dans les processus comme la pasteurisation et l'ultrafiltration ont également été mis en œuvre. Certaines méthodes présentent des inconvénients liés à l'élimination des protéines par dénaturation et coagulation (**Iglesias et al., 2014**).

1.5.6. Ensemencement

Une fois le moût est stérilisé, on y introduit, dans la cuve de fermentation, l'inoculum préalablement préparé mais aussi les sels nourriciers pour lancer la fermentation. Le pH du moût peut chuter pendant la fermentation à un point limiter l'efficacité de la levure. La réduction du pH peut résulter de la synthèse des acides acétique et succinique par les cellules de levure. Alors qu'une baisse rapide du pH inhibe l'activité microbienne indésirable, il réduit également la dissociation des acides gras dans le moût, ralentissant potentiellement l'action métabolique de la levure. Pour cela, l'ajout d'un tampon est important pour maintenir le pH dans une plage de 3,7 à 4,0 tout au long de la fermentation. Le Carbonate de calcium, le carbonate de potassium, le bicarbonate de potassium et l'acide tartrique sont des candidats potentiels. Parfois, de l'acide citrique ou lactique est ajouté. Cependant, certains de ces sels peuvent ajouter un goût amer ou salé, en cas de surutilisation (**Ramalhosa et al., 2011**).

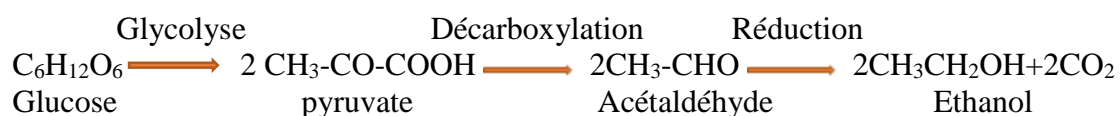
1.5.7. Fermentation

➤ La fermentation alcoolique

La fermentation alcoolique (c'est-à-dire la fermentation à l'éthanol) est un processus biologique qui se déroule en milieu anaérobie, dans lequel les levures obtiennent l'énergie via la conversion de divers sucres en éthanol et en dioxyde de carbone (**Mãrgãoan et al., 2020**).

La décarboxylation de l'acide pyruvique à la suite de la glycolyse du glucose puis réduction de l'acétaldéhyde en éthanol. Cette fermentation intervient dans la fabrication du vin, de la bière, de cidre et divers boissons fermentées, ces derniers peuvent servir de matières premières à la fabrication du vinaigre. Son but est essentiellement la fabrication de l'éthanol.

La réaction se déroule selon l'équation suivante :



La fermentation alcoolique ne peut se produire que sous certaines conditions :

- **Température :**

Trop froid (10°C), le processus est particulièrement ralenti, ou alors incomplet.

Trop chaud (32-36 ° C), les levures meurent, le milieu devenant inapte à leur survie

- **Oxygène :**

Quoi que la fermentation soit un phénomène anaérobie, les levures ont besoin d'oxygène pour se multiplier.

- **Alcool :**

C'est un antiseptique, même pour les microorganismes qui l'ont produit. Passée une certaine concentration (différent pour chaque type de levure), il agit comme un poison pour les levures.

- **Minéraux :**

Les levures ont besoin de minéraux en plus du sucre pour se développer, et ceux-ci n'étant pas présent dans le miel il est indispensable de rajouter des sels nourriciers (**Regard, 2017**).

➤ **Suivi de la fermentation**

Pendant les premiers jours de fermentation, un dégagement gazeux important se produit. Il se réduira progressivement. La durée de la fermentation prend généralement un mois mais peut parfois aller jusqu'à deux mois. Plus la fermentation est lente et régulière, plus l'hydromel pourra développer ses arômes (**Fers et al., 2016**).

Un échantillonnage aseptique régulier est effectué pour surveiller la fermentation et les paramètres de croissance (**Iglesias et al., 2014**).

1.5.8. Soutirage et clarification

Le soutirage est une opération consistant à prélever l'hydromel sans prélever la lie (levures mortes et impuretés gisant au fond de la cuve). Il permet de casser la dynamique de fermentation. Il est souhaitable de soutirer par haute pression atmosphérique qui entraîne les lies (levures mortes et impuretés) vers le fonds (**Fers et al., 2016**). Procédez à un premier soutirage dans une autre cuve de même capacité, en veillant à ne pas prélever la lie (**Clément, 2011**).

La clarification sert à se débarrasser des dernières impuretés en suspension dans le produit. Pour clarifier, la bentonite est souvent utilisée, ainsi que la gélatine (**Ramalhosa et al., 2011**), le tanin et le blanc d'œuf (**Alphandéry, 2002**).

Après six semaines, réalisez un second soutirage (**Clément, 2011**).

1.5.9. L'arrêt de fermentation et la stabilisation

La fermentation peut s'arrêter pour plusieurs raisons, prévues ou non par le brasseur :

- Température (chaleur ou froid) stress de choc.
- limitations des nutriments essentiels (sucre, minéraux).

- stress osmotique.
 - toxicité de l'éthanol (**Pereira et al., 2009**).
- Si on veut un hydromel à 12° particulièrement sec, par exemple, il suffit d'introduire des levures capables de survivre à 12, 5° ou plus, et celle-ci arrêteront de transformer le sucre lorsqu'il n'y en aura plus.
- Si on veut un hydromel à 12° particulièrement doux, on introduit des levures qui mourront à ce titrage en prévoyant une quantité de miel supérieur à celle qui pourra être transformé (**Regard, 2017**).
- Si vous fabriquez un hydromel doux ou liquoreux, la charge en miel est plus importante et tout le sucre ne doit pas se transformer en alcool. Contrôlez régulièrement au densimètre pour savoir à quel moment arrêter la fermentation. Dès que le seuil désiré est atteint, vous devez stabiliser l'hydromel et donc détruire les levures encore présentes (**Cléments, 2011**).

Pour cela il existe différents moyens pour stabiliser l'hydromel :

- **Chimique**

De nouveau on utilise des sulfites pour tuer les micro-organismes, à hauteur de 15 à 20g de métabisulfite de potassium par hl. Cette technique est critiquée car les sulfites seraient responsable de maux de tête.

- **Mécanique**

La filtration semble être la solution la plus adaptée, car en passant par différents filtres de plus en plus fin pour arriver au micron, on élimine l'ensemble des substances solides (levures, pollen, protéines diverses...) qui troublent l'hydromel. Elle permet par conséquent d'éviter les opérations de soutirage et de collage. Elle nécessite cependant du matériel.

- **Thermique**

On peut utiliser la technique de la pasteurisation, elle tue tous les ferments sans donner aucun goût (**Alphandéry, 2002**). Mais celle-ci nécessite du matériel. On peut aussi chauffer l'hydromel pour tuer les levures, mais cela est fortement déconseillé si on veut garder les arômes du produit. Un refroidissement important est par contre envisageable pour arrêter le travail des levures, en vue d'une filtration ou autre, mais celles-ci reprendront le travail dès que la température augmentera. Cela peut cependant avoir son utilité si on doit attendre quelques jours pour s'occuper du produit (**Regard, 2017**).

1.5.10. Mise en bouteille

Avant de mettre l'hydromel en bouteilles, il doit être liquide et stable. Il convient aussi de le goûter. Une mesure du taux d'alcool est également effectuée.

La mise en bouteille se fait par siphonage pour réduire les risques d'oxydation. Il doit être ensuite stocké au frais et à l'abri de la lumière pour poursuivre son évolution aromatique (Fers et al., 2016). Il faut attendre deux ans avant de consommer l'hydromel (Clément, 2011).

L'étiquetage des bouteilles pour un usage familial ne soulève pas de contraintes particulières. Il est souhaitable de bien indiquer la date de fabrication ou le numéro de lot pour pouvoir, le cas échéant, se référer au protocole de fabrication utilisé. La mention du volume n'est pas indispensable, elle permet d'avoir des étiquettes interchangeables quelle que soit la contenance des bouteilles (Fers et al., 2016).

1.6. Procédures de qualité d'hydromel

Les paramètres les plus informatifs pour évaluer la qualité de l'hydromel sont les teneurs en Hydroxyméthylfurfural (HMF) et phénoliques. HMF est un aldéhyde cyclique formé par la dégradation des sucres entraînant une diminution de la valeur nutritionnelle du produit.

En ce qui concerne l'évaluation de la qualité de l'hydromel, des concentrations élevées de HMF et l'absence des composés phénoliques courants sont des indicateurs d'un échauffement excessif pendant la production. Aussi, il est très probable que certains composés phénoliques puissent être utilisés comme indicateurs de la composition et de la qualité de l'hydromel. En effet, la détection de concentrations anormalement élevées de certains composés, par exemple la vanilline, ou même leur présence dans d'autres cas, peut indiquer une adultération (Iglesias, 2014).

1.7. Bienfaits de consommation d'hydromel

Généralement, l'hydromel a des effets positifs sur le métabolisme et en particulier sur la digestion, possède des avantages physiologiques et réduit le risque de maladies chroniques au-delà de fonctions nutritionnelles.

- Effets du tractus gastro-intestinal efficace pour moduler le microbiote intestinal et améliorer la résistance intestinale, pour protéger l'hôte contre les infections.
- Activité antimicrobienne.
- Effets antioxydants et anti-inflammatoires (Mărgăoan et al., 2020).

1.8. Inconvénients potentiels d'une consommation excessive d'alcool

La consommation d'hydromel pourrait avoir des conséquences négatives sur la santé qu'il vaudrait la peine d'envisager avant de commencer à remplir votre verre :

➤ Teneur en alcool

La teneur en alcool de l'hydromel varie d'environ 5 à 20%. A titre de comparaison, le vin de raisin ordinaire a une teneur en alcool typique d'environ 12-14%.

Une consommation excessive d'alcool peut entraîner de graves risques pour la santé, notamment une maladie du foie, une inflammation systémique et une altération des fonctions du système digestif et immunitaire (**Engen et al., 2015**). L'hydromel doit être traité comme toute autre boisson alcoolisée. Il est bon de faire de l'exercice avec modération et de limiter votre consommation si vous avez l'intention de le boire.

➤ Réactions allergiques

L'hydromel peut causer de graves réactions allergiques chez certaines personnes, surtout celles qui souffrent d'allergies ou d'intolérances au miel et à l'alcool. Bien que rares, ils ont signalés des cas de réactions anaphylactiques causées par le miel. Si vous avez déjà eu une réaction allergique grave au miel ou au pollen d'abeille, il serait peut-être bon d'éviter de boire de l'hydromel (**Aguiar et al., 2017**).

De plus, si vous avez déjà reçu un diagnostic d'intolérance à l'alcool ou d'allergie à l'alcool, vous ne devriez pas boire d'hydromel.

➤ Teneur en calories

L'hydromel est une boisson à haute teneur en calories, par conséquent, une surconsommation pourrait avoir un impact négatif sur votre santé.

Boire trop de boissons alcoolisées, y compris d'hydromel, peut augmenter vos triglycérides sanguins, votre tension artérielle et votre risque d'obésité et de diabète.

Bien qu'il n'y ait pas beaucoup d'informations disponibles sur le contenu nutritionnel précis de l'hydromel, l'alcool pur seul fournit 7 calories par gramme.

Comme pour toute autre boisson alcoolisée, faites preuve de modération et consommez-la de façon responsable (**American Heart Association, 2020**).

2. Vinaigre de miel

On peut utiliser le miel d'abeille comme substrat pour produire de vinaigre, et d'offrir aux producteurs de miel une autre alternative pour diversifier leur production et approvisionner le marché en nouveaux produits. Il était possible de produire de l'hydromel avec une teneur en alcool idéale pour une utilisation dans la production de vinaigre de miel (Ilha et al., 2000).

2.1. Définition :

Le vinaigre est un produit obtenu en partant du vin ou de produits très variés (raisins secs, miel, cidre) lequel est rendu acide par la production spontanée d'acide acétique de formule CH_3COOH . La fermentation du vinaigre est dite acétique.

En effet, le vinaigre est le fruit de la transformation de l'alcool éthylique sous l'action conjuguée de l'oxygène de l'air et d'une bactérie *Acetobacter aceti*, dans des conditions d'acidité limitées, à certaines concentrations en alcool et en présence de composés nutritifs telles les protéines présentes dans le vin (matières azotées, phosphate de magnésium et de potasse) (Chapin, 2011).

2.2. Composition du vinaigre

Le principal constituant du vinaigre est l'acide acétique. Les composés secondaires, tel que l'acide tartrique, l'acide succinique et les matières azotées, proviennent de la matière première utilisée, des nutriments ajoutés au milieu réactionnel et de l'eau de dilution.

Par contre, d'autres composés se forment au cours de la fermentation acétique tel que l'acétate d'éthyle qui contribue à la saveur du vinaigre.

Le vinaigre est constitué de plusieurs autres composés tels que :

- Alcool résiduel
- Composés volatils
- Butylène, glycol, acétone (Frouhat & Drid, 2017).
- Multiples vitamines, des composés phénoliques, de la riboflavine, de la thiamine et des sels minéraux dérivés du miel, ce qui donne au vinaigre sa saveur distincte (Mărgăoan et al., 2020).

2.3. Technologie de fabrication du vinaigre :

Le vinaigre est un agent spécial utilisé comme conservateur et aromatisant dans différents aliments. À l'échelle mondiale, les vinaigres sont produits à partir de matières premières et de procédés de production différents. Il existe deux méthodes utilisées :

- Le processus lent, où les bactéries d'acide acétique (AAB) se développent sur la surface liquide qui contient la matière première.
- Le processus rapide où l'oxygénation est assurée par agitation en milieu fermé destinataires. Habituellement, le processus rapide est utilisé pour la production de vinaigre de miel. Dans les années passées, un intérêt croissant a été accordé au vinaigre en tant que produit alimentaire, ses propriétés nutritionnelles et chimiques étant déterminé par la méthode de production et les matières premières utilisées pour la fermentation (Mārgāoan et al., 2020).

La production de vinaigre implique deux types de réactions biochimiques : la fermentation alcoolique et oxydation de l'alcool en acide (fermentation acétique).

➤ La fermentation alcoolique

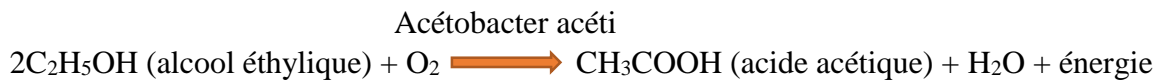
La fermentation alcoolique des glucides est la première étape critique dans la production de vinaigre, se déroule dans des conditions anaérobies. Le sucre est fermenté en alcool par l'action de levures (Hailu et al., 2012).

➤ La Fermentation acétique

La fermentation acétique est la deuxième étape majeure de la production de vinaigre qui est un processus aérobie (Hailu et al., 2012). Dans cette étape, l'alcool est transformé en acide acétique par l'*Acetobacter aceti*. Pour que cette fermentation ait lieu trois conditions sont nécessaires :

- Présence d'une bactérie appelée *Acetobacter aceti* qui sont des bactéries aérobies strictes ou facultatives. Cette dernière fixe l'oxygène de l'air sur l'alcool et le transforme en acide.
- Présence d'oxygène utilisé par la bactérie pour la transformation de l'alcool en acide acétique.
- Température comprise entre 25 et 30 °C (Guiraud, 2003).

La réaction de cette fermentation est la suivante : (Hailu et al., 2012).



Au fur et à mesure que la fermentation acétique se poursuit, ces bactéries vont former à la surface du vinaigre, un voile léger qui va s'enfoncer petit à petit et se transformer en une masse gélatineuse appelée « mère de vinaigre » (Brewdusud, 2004).

Dans un vinaigre, il faut éviter absolument le contact de la mère de vinaigre avec le métal ce qui entraîne la mort de la mère. Il est souhaitable d'utiliser des ustensiles en bois ou en plastique.

Le processus d'acétification se poursuit jusqu'à l'épuisement du milieu en alcool (Journal Officiel de la République Algérienne, 1998).

2.4. Avantages du vinaigre de miel pour la santé :

Les propriétés thérapeutiques fonctionnelles du vinaigre comprennent :

- Un taux d'acidité moins élevé qui le rend moins agressif pour l'estomac.
- Une meilleure digestion, notamment en cas de constipation, grâce à l'effet probiotique du miel.
- La réduction de la pression artérielle.
- Activité antioxydante.
- La réduction des effets du diabète, la prévention des maladies cardiovasculaires (Fonseca et al., 2018).
- Effets antimicrobiens contre différents micro-organismes, il est composé de substances phénoliques, des acides organiques et des métabolites microbiens.
- On attribue au vinaigre (surtout s'il n'est pas pasteurisé) une multitude de vertus : soulager les piqûres, les brûlures, maux de tête, maux de gorges, de même que les douleurs musculaires, cicatrifier les plaies, lutter contre les infections, effet anticancéreux, réguler le système immunitaire inné (Mărgăoan et al., 2020).

2.5. Utilisation en cuisine :

Le vinaigre est le plus ancien agent de conservation des légumes, de viande et du poisson. Il est utilisé dans une variété d'applications alimentaires, y compris la mayonnaise, les vinaigrettes, les sauces, le ketchup, la moutarde et d'autres condiments alimentaires (**Fonseca et al., 2018**).

Le vinaigre naturel est un additif alimentaire supérieur, peut être un ajout à n'importe quel plat. Il est également utilisé comme agent de nettoyage.

Cependant, il est généralement ignoré à la fois par le consommateur (dû au prix plus élevé) et le producteur (en raison de la longue fermentation) (**Hailu et al., 2012**).

3. Contraintes et perspectives de la transformation du miel Algérien

L'Algérie possède des capacités apicoles inestimables, avec une flore apicole riche et diversifiée et un rucher avoisinant un million de ruches, répartis principalement sur le nord Algérien. Malgré ces potentialités importantes, cette filière fait face à des contraintes majeures compromettant son développement, et les faibles rendements en miel obtenus par colonie, avoisinant 5 kg, est le meilleur indicateur de cette situation alarmante. L'état sanitaire du cheptel apicole est le principal facteur responsable d'une forte mortalité des colonies et par conséquent d'une faible productivité en miel. Cette faible productivité est responsable des prix élevés du miel, qui coûte en moyenne entre 4000 et 5000DA/Kg. Le consommateur Algérien utilise le miel principalement pour ses effets thérapeutiques, c'est ce qui justifie son achat même à des prix très élevés.

Les faibles quantités en miel produites en Algérie et ses prix élevés sont les deux facteurs limitant toute possibilité de sa transformation en produits dérivés. Toutefois, certains miels d'importation à des prix très compétitifs peuvent être introduits dans les chaînes de transformation comme additif ou éventuellement dans une transformation en produits dérivés.

L'innovation dans les IAA est l'un des fondements de leur compétitivité. La recherche de produits nouveaux, à valeur nutritionnelle élevée, par le consommateur peut permettre l'utilisation du miel dans cette industrie.

Par ailleurs, la diversification des produits de la ruche (miel, pollen, gelée royale...) permettrait une meilleure rentabilité des exploitations apicoles et ouvrirait plus de perspectives dans la connexion entre le secteur primaire (agricole ou apicole) et le secteur secondaire (conditionnement) et tertiaire (addition et/ou transformation).

Conclusion et perspectives

Le miel est un composé biologique très complexe, d'une très grande diversité, lui conférant une multitude de propriétés, aussi bien sur le plan nutritionnel que sur le plan thérapeutique. Il occupe une place importante dans le domaine agro-alimentaire.

La consommation régulière de miel est une très bonne attitude car le miel représente une grande source d'énergie (riche en sucres), d'oligoéléments, d'acides aminés et de vitamines.

La consommation de miel est donc un très bon complément à la ration alimentaire habituelle. Elle assure un meilleur équilibre en éléments vitaux indispensables au bon fonctionnement de l'organisme. Elle facilite la digestion et l'assimilation d'autres aliments débouchant globalement, sur un meilleur métabolisme. Elle permet d'avoir une plus grande résistance à la fatigue physique et intellectuelle.

Les besoins alimentaires de la population locale sont variés et nécessitent de nombreuses couleurs, arômes et saveurs. Nous avons donc besoin de produits innovants.

Le développement continu de nouveaux aliments fonctionnels est la réponse de la science et de l'industrie à la sensibilisation accrue des consommateurs à la santé et au rôle des aliments dans l'amélioration de la qualité de vie.

Notre travail s'est basé sur l'étude des caractéristiques de différents produits dérivés du miel : Poudre de miel, miel granulé, hydromel, vinaigre, nougat, bonbons au miel, confiture et pâte à tartiner au miel, pains d'épices, conservation des fruits et légumes. Ainsi que leurs technologies de fabrications pour valoriser et donner plus d'informations sur ces produits sacrés et pour augmenter la demande de miel et fournir des produits de qualité supérieure aux clients en termes de nutrition et de goût, d'ailleurs les applications économiques et industrielles sont largement développées pour cette effet .

En Algérie, malgré un produit réputé, des atouts naturels, et une filière apicole qui vit en étroite interaction avec le territoire et les autres secteurs, cette filière reste sous valorisé. Toutefois, l'engouement des jeunes, des régions marginalisées, à cette activité agricole sème une lieur d'espoir de revoir un nouveau démarrage. Néanmoins, l'implication de tous les acteurs, à travers des actions collectives à l'échelle macro-économique, semble un préalable pour le décollage durable de cette filière.

Références

A

Aguiar, R., Duarte, F. C., Mendes, A., Bartolomé, B., & Barbosa, M. P. (2017). Anaphylaxis caused by honey: a case report. *Asia Pacific Allergy*, 7(1), 48-50.

Ahmad, S., & Kumaran, N. (2015). Studies on the effects of honey incorporation on quality and shelf life of aonla preserve. *Cogent Food & Agriculture*, 1(1), 1009334.

Alphandéry, R. (2002). *La route Du Miel : Le grand livre des abeilles et de l'apiculture* (Edition Nathan). Paris, France.

American Heart Association. (2020). Is drinking alcohol part of a healthy lifestyle.

Amigou M., 2016. Les résidus de médicaments vétérinaires et de pesticides dans les produits apicoles alimentaires (miel, pollen, gelée royale et propolis). Thèse de Doctorat en Vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire D'Alfort.

Ammar, E. T., Ismail, M. M., Khalil, A. E. W. E., & Eid, M. Z. (2019). Impact of fortification with honey on some properties of bio-yoghurt. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2019, 503-508.

Amri, A. 2015. Contribution à l'étude approfondie de quelques miels produits en Algérie : Aspect physico-chimique et botanique. Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar Annaba.

B

Ballot-Flurin, C. (2011). *Les bienfaits de l'apithérapie* (Editions Eyrolles). Paris, France.

Batt, P. J., & Liu, A. (2012). Consumer behaviour towards honey products in Western Australia. *British Food Journal*.

Blanc M., 2010. Propriétés et usage médical des produits de la ruche. Thèse de doctorat. Université Limoges.

Blasa, M., Candiracci, M., Accorsi, A., Piacentini, M.P., Albertini, M.C. & Piatti, E. (2006). Raw Milleriori honey is packed full of antioxidants. *Food Chemistry*, 97, 217- 222.

Blot, A., Bracaval, D., Brochard, J., Decreau, H., & Santonja, R. (2003). *Le Nougat De Montélimar*. Consulté sur <http://pfeda.univ-lille1.fr/iaal/docs/iaal2002/noug/rapport/nougats.pdf>

Bogdanov, S., Martin, P., & Lüllmann, C. (1997). Harmonised methods of the European Honey Com-mission. *Apidologie Extra*, (1997), 53-55.

Bogdanov, S., Indorf, A., Charrière, J. D., Fluri, P., & Kilchenmann, V. (2002). Qualité des produits apicoles et sources de contamination. *La Santé de l'Abeille*, 191.

Bogdanov, S., Ruoff, K., & Oddo, L. P. (2004). Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys: a review. *Apidologie*, 35(Suppl. 1), S4-S17.

Bogdanov, S., Bieri, K., Gremaud, G., Iff, D., Känzig, A., Seiler, K., Stockli, H., & Zürcher, K. (2004). Produits apicoles, 23A Miel. *Revus par le groupe d'experts «Produits apicoles » P*, 37.

Bogdanov, S., Gallmann, P., Stangaciu, S. C., & Herbuliez, T. (2006). Produits apicoles et santé. *Station de recherche, Agroscope Liebefeld-Posieux, ALP, N41f. ISSN*, 1661-0660.

Bogdanov, S. (2012). Honey as nutrient and functional food. *Proteins*, 1100, 1400-2700.

Boukraâ, L. (2013). *Honey in traditional and modern medicine* (Ed.). CRC Press.

Bradbear, N. (2005). *Apiculture et moyens d'existence durables* (Vol. 1). Food & Agriculture Organisation. Rome.

Bruneau, E. (2002). Les produits de la ruche. *In Le traité rustica de l'apiculture* (Rustica). Paris, France.

C

Charpentier G., 2013. Étude des effets létaux et sublétaux d'une intoxication au thymol sur le développement et l'immunité des larves d'*Apis mellifera* élevées in vitro. Thèse de doctorat. Université Toulouse III Paul Sabatier (UT3 Paul Sabatier).

Chen, L., Mehta, A., Berenbaum, M., Zangerl, A. R., & Engeseth, N. J. (2000). Honeys from different floral sources as inhibitors of enzymatic browning in fruit and vegetable homogenates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(10), 4997-5000.

Chouia A., 2014. Analyses polliniques et caractérisations des composés phénoliques du miel naturel de la région d'Ain Zaâtout. Mémoire de magistère. Université Mohamed Khider-Biskra. p 62.

Clémence H., 2005. Le miel : de la source à la thérapeutique. Thèse présenté pour l'obtention d'un Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie. Université Henri Poincaré Nancy.

Clément, H. (2009). *L'abeille : sentinelle de l'environnement* (Editions Alternatives). Paris, France.

Clément, H. (2011). *Le traité rustica de l'apiculture* (Editions Rustica). Paris, France.

Clément, H. (2015). *Le guide des miels : 50 miels à découvrir* (Editions Fleurus). Paris, France.

Clément, H. (2015). *Le traité Rustica de l'apiculture* (Editions Rustica). Paris, France

Codex Alimentarius (2019). Norme pour le miel. CXS 12-1981. Adoptée en 1981. Révisée en 1987 et 2001. Amendée en 2019.

Cordella, C. B., Militão, J. S., Clément, M. C., & Cabrol-Bass, D. (2003). Honey characterization and adulteration detection by pattern recognition applied on HPAEC-PAD profiles. 1. Honey floral species characterization. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(11), 3234-3242.

Cotte, J. F., Casabianca, H., Chardon, S., Lheritier, J., & Grenier-Loustalot, M. F. (2003). Application of carbohydrate analysis to verify honey authenticity. *Journal of Chromatography A*, 1021(1-2), 145-155.

D

Delphine I. (2010). Le miel et ses propriétés thérapeutiques. Thèse du doctorat.

Deschamps, V. 1998. Production et commercialisation du miel. Thèse de doctorat vétérinaire. Université Paul-Sabatier, Toulouse III.

Desmoulière, A. (2013). Le miel, de remarquables propriétés cicatrisantes. *Actualités Pharmaceutiques*, 52(531), 17-17.

Durrani, A. M., Srivastava, P. K., & Verma, S. (2011). Development and quality evaluation of honey based carrot candy. *Journal of food science and technology*, 48(4), 502-505.

E

Emmanuelle, H., Julie, C., & Laurent, G. (1996). Les Constituants Chimiques du Miel. *Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaire. APISERVICES, Galerie Virtuelle apicole.*

Engen, P. A., Green, S. J., Voigt, R. M., Forsyth, C. B., & Keshavarzian, A. (2015). The gastrointestinal microbiome: alcohol effects on the composition of intestinal microbiota. *Alcohol research: current reviews*, 37(2), 223.

F

Fanny B., 2012. Les propriétés thérapeutiques du miel et leur domaine d'application en médecine générale : revue de la littérature. *Medicine humaine et pathologie*. P 22-24.

FAOSTAT. (2018). Production quantity of honey (natural) in 2017, Livestock primary/world regions/production quantity from pick lists. *United Nations, Food and Agriculture Organization, Statistics Division (FAOSTAT). 2018.*

Ferreira I. C. F. R., Aires., Barreira J. C. M. & Estevinho L. M. (2009). Antioxydant activity of Portuguese honey simple: different contributions of the entire honey and phenolic extract. *Food Chemistry*, 114: 1438-1443.

Fonseca, M. D. S., Santos, V. A. Q., Calegari, G. C., Dekker, R. F. H., Barbosa-Dekker, A. D. M., & Cunha, M. A. A. D. (2018). Blueberry and honey vinegar: successive batch production, antioxidant potential and antimicrobial ability. *Brazilian Journal of Food Technology*, 21.

Frouhat, A., & Drid, A., 2017. Recherche et identification de quelques souches des bactéries acétiques issues du vinaigre traditionnel de datte du cultivar Deglet-Nour : Etude de la thermo tolérance. Mémoire de Master. Université Kasdi Merbah-Ouargla

G

Guiraud, J. (2003). *Microbiologie alimentaire* (Edition Dunod). Paris, France.

H

Hailu, S., Admassu, S., & Jha, Y. K. (2012). Vinegar Production Technology an Overview. *Beverage & Food World*.

Homrani, M. 2020. Caractérisation physico-chimique, spectre pollinique et propriétés biologiques de miels algériens crus de différentes origines florales. Thèse de Doctorat. Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem.

Horn, H., & Lüllmann, C. 1992. Das große Honigbuch. Ehrenwirth, München.

Hoyet C., 2005. Le miel : De la source à la thérapeutique. Thèse d'Etat en pharmacie. Faculté de Pharmacie de Nancy 1.

I

Iglesias, A., Pascoal, A., Choupina, A. B., Carvalho, C. A., Feás, X., & Estevinho, L. M. (2014). Developments in the fermentation process and quality improvement strategies for mead production. *Molecules*, 19(8), 12577-12590

Ilha, E. C., Sant Anna, E., Torres, R. C., Porto, A. C. S., & Meinert, E. M. (2000). Utilization of bee (*Apis mellifera*) honey for vinegar production at laboratory scale. *Acta científica venezolana*, 51(4), 231-235.

Irlande D., 2010. Le miel et ses propriétés thérapeutiques. Mémoire en pharmacies. Université de Paris France.

J

Jean-Marie, P. (2007). *Le guide de l'apiculteur* (Less). Aix en Provence, France : Edisud

Prost, P. J., & Le Conte, Y. (2005). Apiculture : connaître l'abeille, conduire le rucher. *Lavoisier, Paris*, 382.

Journal Officiel de la République Algérienne (29 Mars 1998). Arrêté sur le vinaigre vol 18 N°17.

L

Lachman, J., Orsak, M., Hejtmankova, A. & Kovarova E. (2010). Evolution of antioxidant activity and total phenolics of selected Czech Honeys. *Food Science and Technology*, 1(43), 52-58.

Lazcano-Hernández, M., Ochoa-Velazco, C., Ávila-Sosa-Sánchez, R., & Mena-Pació, N. (2016). Development of a product based on fruit-honey. *ECORFAN Journal-Republic of Paraguay*, 2-3.

M

Marcet M., 2017. La cicatrisation des brûlures par le miel. Thèse de doctorat en pharmacies. U.F.R Des sciences pharmaceutiques 75-98.

Mărgăoan, R., Cornea-Cipcigan, M., Topal, E., & Kösoğlu, M. (2020). Impact of Fermentation Processes on the Bioactive Profile and Health-Promoting Properties of Bee Bread, Mead and Honey Vinegar. *Processes*, 8(9), 1081.

Meda, A., Lamien, C. E., Romito, M., Millogo, J. & Nacoulma, O. G. (2005). Determination of total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 91, 571-577.

Mendes Ferreira, A., Cosme, F., Barbosa, C., Falco, V., Inês, A., & Mendes-Faia, A. (2010). Optimization of honey-must preparation and alcoholic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* for mead production. *International journal of food microbiology*, 144(1), 193-198.

Mermoz C., 2015. Intoxication au miel fou : état des lieux des connaissances actuelles. Thèse pour l'obtention de diplôme d'état de docteur en pharmacie. Université Claude Bernard Lyon 1.

Mezler, W. (1989). Beekeeping; a complete owner's manual. Traducido y adaptado por Robert Kimber.

N

Nair S., 2014. Identification des plantes mellifères et analyses physicochimiques des miels Algériens. Thèse de Doctorat en Biologie. Université d'Oran. p 202.

P

Pereira, A. P., Dias, T., Andrade, J., Ramalhosa, E., & Estevinho, L. M. (2009). Mead production: Selection and characterization assays of *Saccharomyces cerevisiae* strains. *Food and Chemical Toxicology*, 47(8), 2057-2063.

Pham-Delegue, M. H. (1999). *Les abeilles*. Minerva. Genève.

Prost, P. J., & Le Conte, Y. (2005). Apiculture : connaître l'abeille, conduire le rucher. *Lavoisier, Paris*, 382.

Pueden, D., DE, E., Debe, A., & EL Orden, E. N. (2011). Comparativa entre productos típicos navideños de España y Francia: Turrón y Nougat.

Q

Quast, LB, Farina, SG, Quast, E., Vieira, MA et Queiroz, MB (2020). Miel co-cristallisé avec saccharose: évaluation du processus et de la caractérisation du produit. *Journal of Food Processing and Preservation*, e14876.

Quast, LB, Zanette, M., Zanella Pinto, V., Passos Francisco, C., Quast, E., Felicetti, MA, et Queiroz, MB (2020). Miel co-cristallisé avec du saccharose: évaluation du stockage et acceptation sensorielle. *Journal of Culinary Science & Technology*, 1-17

R

Ramalhosa, E., Gomes, T., Pereira, A. P., Dias, T., & Estevinho, L. M. (2011). Mead production: Tradition versus modernity. In *Advances in food and nutrition research* (Vol. 63, pp. 101-118). Academic Press.

Ravazzi, G. (2007). *Abeilles et Apiculture* (Edition De Vecchi). Paris, France.

Regard, A. (2017). *Hydromel et dérivés, Apéritif, liqueur, vinaigre* (Editions Du Puits Fleuri). Paris, France.

Rossant A., 2011. Le miel, un composé complexe aux propriétés surprenantes. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie. Université de Limoges.

Rivero, A. F. (2006). Enciclopedia de los alimentos: turrónes, mazapanes, mantecados, y otros dulces navideños. *Distribución y consumo*, 16(89), 101-111.

Ruoff, K., Luginbühl, W., Kilchenmann, V., Bosset, J. O., von der Ohe, K., Von Der Ohe, W., & Amadò, R. (2007). Authentication of the botanical origin of honey using profiles of classical measurands and discriminant analysis. *Apidologie*, 38(5), 438-452.

S

Sana H., 2017. Etude des propriétés physicochimiques et antioxydants du miel soumis au vieillissement accéléré. Mémoire de master. Université A. MIRA Bejaia. p 40.

Santagata, G., Mallardo, S., Fasulo, G., Lavermicocca, P., Valerio, F., Di Biase, M., ... & Volpe, M. G. (2018). Pectin-honey coating as novel dehydrating bioactive agent for cut fruit: Enhancement of the functional properties of coated dried fruits. *Food chemistry*, 258, 104-110.

Sharma, B., Vaidya, D., Kaushal, M., & Pratap Singh, S. (2020). Utilization of Honey for Functional Food Product Development. *Acta Scientific Nutritional Health*, 4.4, 184-190.

U

Umesh Hebbar, H., Rastogi, N. K., & Subramanian, R. (2008). Properties of dried and intermediate moisture honey products: A review. *International Journal of Food Properties*, 11(4), 804-819.

V

Varga, L. (2006). Effect of acacia (*Robinia pseudo-acacia* L.) honey on the characteristic microflora of yogurt during refrigerated storage. *International journal of food microbiology*, 108(2), 272-275.

Viuda-Martos M., Ruiz-Navaias Y., Fernandez-Lopez. & Perez-Alvarez J.A. (2008). Functional properties of honey, propolis and royal jelly. *Journal of Food Science*, 73(9), 117-122.

Y

Yucel, B., Topal, E., & Kosoglu, M. (2017). Bee products as functional food. *Superfood and Functional Food—An Overview of Their Processing and Utilization*, 16-33.

B

Brewdusud., (2004). *Le vinaigre.* Consulté sur <https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/bitstream/123456789/14871/3/BACHI-BENSAYAH%20%282%29.pdf>

Brigitte, S. (2001). *Technologie alimentaire* (Ellipses). France. <https://www.editions-ellipses.fr/accueil/9067-technologie-alimentaire-9782729807320.html>

C

Centre d'Apiculture et Réseau d'Epidémiosurveillance Apicole (RESA). (2019). *Analyse de miels : Interprétation des résultats.* Consulté sur https://www.technopole.nc/sites/default/files/cpa-analyses_de_miel-interpretation.pdf

Chapin, S. (2011). *Vinaigre un concentré d'astuces pour maison, votre santé, votre beauté* (Eyrolles). <https://www.editions-eyrolles.com/Livre/9782212551457/vinaigre>.

D

Del Bufalo, A., Mainchain, A., Massol, C., & Monjaret, C. (2004). *Diversification de l'exploitation des PPAM par le biais des produits apicoles dans le Diois : atelier de fabrication artisanale de bonbons au miel de lavande.* Consulté sur <https://tice.agroparistech.fr/coursenligne/courses/INIP/document/INIP/inipespv04/projets/miel.pdf>

E

Eyer, M., Neumann, P. & Dietemann, V. (2016). *Des secrets révélés de la production de miel par les abeilles.* Institut pour la Santé de l'Abeille. Consulté sur <https://www.newsd.admin.ch/newsd/message/attachments/45302.pdf>

F

Fauquette, A., Farez, F., Jargeaix, C., Lassus, C., Le Roux, M., & Morel-Tarczynski, C. (2003). *Le pain d'épices de Dijon.* Consulté sur <http://pfeda.univ-lille1.fr/iaal/docs/iaal2002/pain/rapport/paindepices.pdf>

Fers, A., Daman, R., & Quélell, Y. (2016). *La fabrication maîtrisée des hydromels.* Consulté sur <http://unionapicole61.free.fr/CETAWEB/detente/cuisine/documents-cuisine/hydromelUAO.pdf>

H

Hedri, H. (2004). *Procédé de fabrication de poudre de nougat ainsi que poudre de nougat obtenue par la mise en œuvre de ce procédé* (EP 1438899A1). Office Européen des brevets. <https://patents.google.com/patent/EP1438899A1/fr>

Huchet, E., Coustel, J., & Guinot, L. (1996). *Les constituants chimiques du Miel.* Consulté sur <https://www.apiservices.biz/fr/articles/326-les-constituants-chimiques-du-miel>

J

Jacquemin, J. (1989). *Process for the industrial manufacture of nougat* (EP 0455630A1). European Patent Office. <https://patents.google.com/patent/EP0455630A1/en>

M

MADR (Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêche). (2019). *Statistiques Agricoles*. Consulté sur <http://madrp.gov.dz/agriculture/statistiques-agricoles/>

MEFE (Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Emploi). (2003). *Résumé du cahier des charges déposé par le syndicat des fabricants Français de nougat de Montélimar et de ses dérivés*. Consulté sur https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/dgccrf/boccrf/03_05/a0050016.htm

P

Pap Enpard Algérie. (2019). *Rapport final : mise en valeur des produits de l'apiculture locaux dans les wilayas Aïn Temouchent, Laghouat, Sétif et Tlemcen*. Consulté sur http://madrp.gov.dz/wpcontent/uploads/sites/10/2020/04/Miel_Bocquet_PAP_ENPARD_rapport_final_2019.pdf

V

Von Frisch, K. (2011). *Vie et Mœurs des abeilles* (Edition Albin Michel). Paris, France. <https://www.albin-michel.fr/ouvrages/vie-et-moeurs-des-abeilles-9782226187277#>

Résumé

Le miel est un liquide aromatique, visqueux et sucré dérivé des nectars des plantes, est un mélange complexe de sucres, d'enzymes, de minéraux, d'acides aminés et de vitamines. Il est apprécié principalement pour sa saveur, son arôme et sa qualité nutritionnelle et thérapeutique typiques.

Le miel est largement utilisé à petite échelle ainsi qu'au niveau industriel pour la formation de différents produits avec des composants nutritifs enrichis et des avantages potentiels pour la santé sans aucun effet secondaire.

Un aperçu de ses différentes applications est envisagé dans ce travail. La poudre de miel a un bon potentiel commercial dans l'industrie alimentaire permis d'améliorer la saveur, la couleur, l'arôme, la texture et la qualité de conservation du produit et réduire l'espace de stockage. Le miel est également utilisé comme :

Edulcorant pour hydromel et vinaigre permet de fournir différentes saveurs et couleurs naturelles.

Additifs pour la conservation des fruits et légumes pour empêcher le brunissement enzymatique dû aux propriétés antioxydantes.

Additif pour le lait et ses dérivés (Yaourt, beurre de miel, lait au chocolat...) pour améliorer la croissance des cultures de démarrage laitier. Ainsi, le miel peut être utilisé comme additif prébiotique aux produits laitier probiotique.

Ajouter aux produits de boulangerie (pain d'épice...), de confiserie (nougat, bonbons, confiture, pate a tartiné) pour améliore les propriétés nutritionnelles et sensorielles.

Mots clés : Miel, Propriétés, Utilisation, Confiserie, Boulangerie, Hydromel, vinaigre...

Summary

Honey is an aromatic, viscous and sweet liquid derived from plant nectars, is a complex blend of sugars, enzymes, minerals, amino acids and vitamins. It is valued primarily for its typical flavor, aroma and nutritional and therapeutic quality.

Honey is widely used on a small scale as well as on an industrial level for the formation of different products with enriched nutrient components and potential health benefits without any side effects.

An overview of its different applications is envisaged in this work. Honey powder has good commercial potential in the food industry, improving flavor, color, aroma, texture and shelf life of the product and reducing storage space. Honey is also used as:

Sweetener for mead and vinegar helps provide different natural flavors and colors.

Additives for preserving fruits and vegetables to prevent enzymatic browning due to antioxidant properties.

Additive for milk and its derivatives (yogurt, honey butter, chocolate milk, etc.) to improve the growth of starter dairy cultures. Thus, honey can be used as a prebiotic additive to probiotic dairy products.

Add to bakery (gingerbread, etc.) and confectionery (nougat, candies, jam, and spread) products to improve nutritional and sensory properties.

Keywords: Honey, Properties, Use, Confectionery, Bakery, Mead, vinegar...