

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université M'hamed Bougara Boumerdes

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Département : Génie des Procédés
Filière : Génie Alimentaire

THEME

***Elaboration et caractérisation d'un
chocolat noir enrichi avec de la poudre de
glands de chêne vert (Quercus ilex L.)***

Présenté par : BAOUCHI YUSRA

Soutenu : Octobre 2018

Les jurys :

TRACHI M : promoteur
LECHEB F : présidente
SMAILI S : examinatrice

MCB	UMBB
MCB	UMBB
MAA	UMBB

Promotion 2018

Résumé

La présente étude a pour but essentiel l'élaboration et la caractérisation sur les plans sensoriel, physicochimique et microbiologique d'un aliment fonctionnel, préparé par l'incorporation de la poudre de glands de chêne vert (*Quercus ilex* L) dans la masse d'un chocolat noir. L'enrichissement, qui vise à accroître la valeur alimentaire et thérapeutique du chocolat, a été réalisé par l'addition de différentes proportions (0 – 10%) de la poudre. Selon les analyses sensorielles, la valeur 3% semble la proportion maximale à ajouter sans affection significative de la qualité organoleptique du chocolat. D'autre part, la composition chimique de la poudre a significativement affecté la qualité physicochimique du produit préparé : l'incorporation de 3% de celle-ci a engendré une baisse notable dans le taux des sucres totaux, les matières grasses et la viscosité par rapport au produit témoin. Les produits élaborés semblent conformes aux normes microbiologiques selon les analyses effectuées.

Mots clés: aliment fonctionnel, chocolat noir, enrichissement, glands de chêne

ملخص

الهدف الأساسي من هذه الدراسة هو تطوير وتوصيف الحسية والفيزيائية والميكروبيولوجية للأغذية الوظيفية، بإدراج مسحوق البلوط في الكتلة شوكولاتة سوداء لهدف الزيادة في القيمة الغذائية والعلاجية للشوكولات، بالإضافة كانت بنسب مختلفة من المسحوق تتراوح من (0-10%). وفقاً لتحليلات الحسية، يبدو أن القيمة 3% نسبة الحد الأقصى المراد إضافتها إبدى محبة كبيرة للنوعية عداها من الشوكولاته. ومن ناحية أخرى، التركيبة الكيميائية للمسحوق أثرت إلى حد كبير نوعية المنتج من الناحية الفيزيائية: إدماج 3% منه أدت إلى انخفاض كبير في معدل إجمالي للسكريات والدهون واللزوجة بالنسبة للمنتج الشاهد. ويبدو أن المنتجات تخضع لمعايير الميكروبيولوجية طبقاً للتحليلات التي نفذت.

الكلمات الرئيسية: الأغذية الوظيفية، الشوكولاته السوداء، البلوط.

Summary

The present study has for essential purpose development and characterization on sensory, physicochemical and microbiological of a functional food plans, prepared by the incorporation of powder of green oak acorns (*Quercus ilex* L) in the mass of a dark chocolate. Enrichment, which aims to increase the value food and therapeutic chocolate, was directed by the addition of different proportions (0-10%) of the powder. According to sensory analyses, the 3% value seems the maximum proportion to be added without significant affection of the organoleptic quality of the chocolate. On the other hand, the chemical composition of the powder has significantly affected the physicochemical quality of the prepared product: the incorporation of 3% of it resulted in a significant decline in the rate of total sugars, fat and

viscosity by product since the witness. The developed products seem to meet microbiological standards according to the analyses carried out.

Keywords: functional, food dark chocolate enrichment, oak acorns.

Remerciements

Tout d'abord, J'exprime mes remerciements au bon dieu de m' avoir donné le courage et la force d'aller au bout de mes fins pour terminer mon travail et pour sa bienveillance.

Mes profondes gratitudes vont à mon promoteur Ms TRACHI M , pour l'honneur de m'encadrer, pour ces précieux conseils, ces orientations sa disponibilité et sa patience dont je garderais les souvenirs de ces qualités profondément humaines.

Mes remerciements vont aux membres de jury qui ont bien voulu juger ce travail

Mme LECHEB F qui m'a fait l'honneur de présider ce jury.

Mme SMAILI S qui a bien voulu examiner ce travail.

Un grand merci à Ms BOUROUIS M , le Chef de laboratoire de contrôle de la qualité et de la répression des fraudes ainsi a mon chef de département microbiologie Mme BOUHADOUF H, pour son aide et son encouragement et au chef de département physico chimie Mme BOUDOUR N, pour ces conseille et son attention.

Je tiens à remercier plus particulièrement Ms BEDDAD M, et le personnel des deux section d'analyse physico chimiques des produits végétales et produits animales pour leur aide et leur conseille.

Mes remerciements vont aussi à toute l'équipe du département microbiologie amis et collègues pour leur aide et leur soutien psychologiques.

Mes vif remerciement a tout le personelle du laboratoire d'Alger et sans oublier ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

A la mémoire de mon père que dieu l' accueille dans son vaste paradis

A ma mère pour son grand amour à mon égard

A mes frères et sœurs

A mes tantes et oncles maternelle et paternelle

A mes cousins et cousines;

A la mémoire de ma collègue Malek Wahiba , que dieu l'accueil dans son vaste paradis

A tout mes amis et collègues

Liste des abréviations

C0 : Chocolat à 0% de poudre de glands

C3 : Chocolat à 3% de poudre

DG18: Gélose dichloran a 18% de glycérol

USDA: National Nutrient Database for Standard Reference Release

ISO: l'Organisation internationale de normalisation

N: Normalité

NA: Norme Algérienne

NF: Norme Française

PCA: Gélose pour dénombrement plat count agar

pH: Acidité potentiel

Ha: Hectare

VRBG: Gélose a la bille au cristal violet au glucose

Liste des figures

Partie bibliographique

Figure 1	Diagramme de fabrication de chocolat.....	06
-----------------	---	----

Matériel et Méthodes

Figure 1	Quelques glands utilisés dans notre expérimental (Photo originale)....	10
Figure 2	Préparation de la poudre de glands de chêne vert.....	11
Figure 3	Broyeur mécanique utilisé dans la présente étude.....	13
Figure 4	Les différentes matières premières du chocolat.....	13
Figure 5	Diagramme de formulation du chocolat a base de la farine de gland... de chêne vert	19
Figure 6	Bulletin du test hédonique.....	22

Résultats et discussion

Figure 1	Teneur en humidité et matière sèche dans la poudre de glands de..... chêne vert	28
Figure 2	Représentative de la valeur du pH et l'Acidité titrable.....	29
Figure 3	La teneur en cendre dans la poudre de glands de chêne vert.....	30
Figure 4	Teneur en sucre totaux et réducteurs dans la poudre de glands de..... chêne vert	31
Figure 5	Granulométrie de la poudre de glands de chêne vert.....	32
Figure 6	Résultats du test sensoriel.....	35
Figure 7	Teneur en sucres totaux contenus dans les chocolats élaborés.....	36
Figure 8	Quantité en matières grasses avant et après enrichissement du..... chocolat	36
Figure 9	Viscosité de l'essai de formulation	37

Liste des tableaux

Partie bibliographique

Tableau 1	Les teneurs en minéraux et oligo-éléments dans le chocolat noir.....	07
------------------	--	----

Matériel et méthode

Tableau 1	Evaluation du goût, de la couleur et de la texture des différentes... préparations des échantillons de chocolat.	21
------------------	---	----

Résultats et discussion

Tableau 1	Quelques propriétés physicochimiques de la poudre de glands de..... chêne vert	27
Tableau 2	Résultat de l'évaluation du gout des produit élaborés.....	32
Tableau 3	Résultat de l'évaluation de la couleur des produit élaborés.....	33
Tableau 4	Résultat de l'évaluation de la texture des produit élaborés.....	33
Tableau 5	Qualité microbiologique des produits élaborés.....	36

Sommaire

Introduction

Partie bibliographique

1. Le gland de chêne vert.....	01
1.1. L'origine et la réparation.....	01
1.2.Taxonomie et position systématique du chêne vert	01
1. 3.Valeur nutritionnel du gland de chêne vert.....	02
1. 4. Composition du gland de chêne vert.....	02
1. 4.1. Gland frais.....	02
1. 4.2. Gland sèche.....	02
1. 4.3. Farine de gland.....	02
1. 1. 5. L'utilisation de gland de chêne vert	03
1. 5.1. En alimentation humaine.....	03
1. 5.2.En alimentation animale.....	03
2. Le chocolat.....	04
2. 1. Définition du chocolat noir.....	04
2. 2.Processus de fabrication.....	05
2. 3.La valeur nutritionnelle du chocolat.....	06
3. Aliment fonctionnel.....	08
3. 1. Définition.....	08
3. 2.Les différentes catégories d'aliments fonctionnels.....	09

Matériel et Méthode

1. Objectifs et lieu de stage.....	10
2.Les glands de chêne vert.....	10
2.1.Choix des glands de chêne vert	10
2.2. Préparation de la poudre de gland de chêne vert.....	11
3. Analyses physico chimique poudre de gland de chênes vert.....	14
3.1.Détermination du pH.....	14
3.2.Teneur en cendre brutes.....	14

3.3.Détermination du taux d'humidité.....	15
3.4. Teneur en matière sèche.....	15
3.5. Teneur en matières grasses.....	16
3.6.Détermination de l'acidité titrable.....	17
3.7.Détermination de la teneur en protéines brutes.....	18
4. Méthode de formulation du chocolat.....	20
4.1. Etapes de production de chocolat.....	21
5. Analyses des produits finis.....	21
5.1. .Analyse sensorielle	21
5.1.1. Description de la tâche d'analyse	22
5.1.2. Présentation des échantillons	22
5.2.Analyses statistiques	23
6. Analyses physico-chimiques du produit fini.....	23
6. 1. La viscosité.....	23
6. 2. La matières grasses.....	23
6. 2.1 L'Attaque Acide.....	24
6. 3. Les Sucres totaux.....	24
7. Caractéristiques microbiologiques.....	25
7. 1.Recherches des Entérobactérie.....	25
7. 2.Recherches de Staphylococcus aureus.....	26
7. 3.Recherche de germes aérobie à 30°C	26
7. 4.Recherche de levures et moisissures.....	27

Résultats et Discussion

1. Analyses physico-chimiques de la poudre de glands de chêne vert.....	29
1.1. La teneur en eau et la matière sèche	29
1. 2. pH et l'Acidité.....	29
1. 3. Les cendres et la matière organique.....	30
1. 4. Sucres totaux et Sucres réducteurs.....	30
1. 5. La matière grasse.....	31
1.6. Les protéines.....	32
1. 7. Analyse de la granulométrie.....	32
2.Analyse des produits finis.....	33

2. 1. Analyse sensorielle.....	33
2. 2 Analyses physico-chimique.....	35
2. 2. 1. Sucres totaux.....	35
2. 2. 2. Matière grasse.....	36
2. 2. 3. Viscosité.....	36
3. Analyses microbiologique	37
Conclusion	38
Références bibliographiques	40

Introduction

Un aliment fonctionnel c'est un aliment qu'il a, au-delà de ses qualités nutritionnelles, un effet bénéfique sur une ou plusieurs fonctions de l'organisme, il peut améliorer l'état de santé et de bien-être, comme il peut réduire le risque de maladie.

Apprécié par le consommateur pour sa qualité nutritionnelle et organoleptique, le chocolat est un aliment qui peut assurer d'autres fonctions thérapeutiques : c'est un antidépresseur capable de réduire ou éliminer le stress et diminuer les risques des maladies cardio-vasculaires, comme le cancer et autres maladies chroniques.

Dans le marché local sont présentés divers types de chocolat à différentes marques et différentes saveurs. Certains types sont additionnés des fruits ou d'autres suppléments appréciés par leurs propriétés nutritionnelles ou organoleptiques.

En plus des propriétés nutritionnelles et sensorielles qui caractérisent le chocolat, les fruits y ajoutés peuvent lui communiquer ou améliorer ces qualités thérapeutiques et alimentaires. Ce qui lui permet d'acquiescer, à la fois, des fonctions « alimentaires ».

C'est dans ce contexte que s'inscrit le présent travail qui porte essentiellement sur la préparation et la caractérisation d'un chocolat noir enrichi avec de la poudre de glands de chêne vert (*Quercus ilex* L.) connue par ses propriétés alimentaires et thérapeutiques intéressantes.

En Algérie, les glands doux comestibles sont utilisés en alimentation humaine et font l'objet d'un commerce non négligeable dans certaines régions (**Kheddam, 2005**).

Le gland de chêne vert est transformé non seulement en farine de glands pour la préparation du couscous et des galettes (**Mezali, 1985**), mais aussi il est incorporé dans certains aliments afin de donner une nouvelle recette à plus de valeur énergétique et nutritionnelle.

Le gland de chêne possède un index glycémique et insulémique bas ce qui le rend intéressant comme protecteur contre l'augmentation du glucose sanguin après les repas.

Partie bibliographique

1. Le gland de chêne vert

1. 1. L'origine et la répartition

En Algérie, le chêne vert est considéré comme une des essences forestières les plus importantes.

Il s'étend à toute l'Algérie du nord, allant du littoral à l'Atlas saharien et de la frontière marocaine à la frontière tunisienne.

Il occupe en Algérie des dizaines de milliers d'hectares, mais la plus part d'entre eux se trouvent dans un état dégradé.

La superficie de chêne vert potentielle (aire écologique) est évaluée à 1.807.000 ha (**Barbero et al., 1990**). **Boudy (1955)** estime la superficie du chêne yeuse à 700.000 ha, ce qui le plaçait en deuxième position après le pin d'Alep.

Actuellement, la surface de *Quercus ilex* L. est estimée à 354.000 ha (B.N.E.F, 1984).

Elle ne représente que 16% de la superficie totale des forêts Algériennes (**Dahmani, 1997**).

Les peuplements les plus importants se trouvent en Oranie, plus précisément dans les régions de Tlemcen, Saida et Tiaret.

Le chêne vert occupe une très grande partie de la surface forestière Algérienne ; on le trouve partout, aussi bien sur l'Atlas saharien que l'Atlas Tellien où il forme de belles forêts en Kabylie et sur les monts de Tlemcen.

Les plus importantes chênaies sont localisées en Oranie, en peuplements purs ou mélangés avec le pin d'Alep dans la région de Tiaret, et de Saïda. Il se trouve sous forme de futaies âgées dans la région de Tlemcen.

Précisément dans l'Atlas Tellien, le chêne vert apparaît à partir de 400m d'altitude (**Maire, 1926 et Quezel, 1976**) et monte jusqu'à 1700m. Dans les Aurès, ses limites altitudinales oscillent entre 1200 et 1900m et entre 1500 et 2200m dans l'Atlas Saharien.

Il représente donc en Afrique du nord une espèce de montagnes.

1. 2. Taxonomie et position systématique du chêne vert (*Quercus ilex* L.)

Le chêne vert (*Quercus ilex* L.) est une espèce méditerranéenne typique.

Il appartient au genre *Quercus* de la famille des Fagacées et de l'ordre des Fagales.

Position systématique de *Quercus ilex* L. (**Barbero et Loisel, 1980**)

- Embranchement : Spermaphyte
- Sous-embranchement : Angiospermes
- Classe : Dicotylédones
- Ordre : Fagales.
- Famille : Fagacées
- Genre : *Quercus*
- Espèce : *Quercus ilex*L.

1. 3.Valeur nutritionnel du gland de chêne vert

La composition nutritionnelle du gland et sa disponibilité en ont fait un aliment très consommé dans le passé : cru, bouilli, grillé sous forme d'huile, soupe, bouillie, farine, café...Il peut notamment être consommé à la manière des châtaignes grillées.

Il existe de nombreuses variétés de chênes et leur productivité ainsi que la composition nutritionnelle des glands est variable en fonction de l'espèce et de l'environnement local. Cependant, en général, les glands sont plus caloriques par unité de poids que les grains de céréales, ils représentent une source fiable de vitamine C et d'amidon, et sont riches en magnésium, calcium et phosphore. Le gland possède également des index glycémique insulinémique bas, ce qui le rend intéressant comme protection contre l'augmentation du glucose sanguin après les repas.(**Juliette Pouyat,2017**)

1. 4.Composition du glande de chêne vert

1. 4.1. Gland frais

Eau (28 %), Protides (6,2 %), Glucides (45 %), Calories (369 Kcal), Lipides (24 %), Calcium (41 mg), Fer (0,8 mg), Sodium (T), Potassium (539 mg), Vitamine B1 (0,1 mg), Vitamine B2 (0,2 mg), Vitamine PP (1,8 mg), Vitamine C (0 mg), Tanin(**Juliette Pouyat,2017**).

1. 4.2 Gland séché

Eau (5 %), Protides (8 %), Glucides (54 %), Calories (509 Kcal), Lipides (31 %), Calcium (54 mg), Phosphore (103 mg), Fer (1 mg), Sodium (T), Potassium (709 mg), Magnésium (82 mg), Vitamine A (6 UI), Vitamine B1 (0,15 mg), Vitamine B2 (0,15 mg), Vitamine PP (2,4 mg), Vitamine C (0 mg), Tanin(**Juliette Pouyat,2017**)

1. 4.3 Farine de gland

Eau (6 %), Protides (7,5 %), Glucides (60 %), Calories (501 Kcal), Lipides (30 %), Calcium (43 mg), Phosphore (314 mg), Fer (0,2 mg), Sodium (T), Potassium (712 mg), Vitamine A (6 UI), Vitamine B1 (0,02 mg), Vitamine B2 (0,4 mg), Vitamine PP (0,5 mg), Vitamine C (T)(**Juliette Pouyat,2017**)

1. 5.L'utilisation de gland de chêne vert

En Algérie, comme dans certains pays méditerranéens, le gland de chêne vert est utilisé en alimentation humaine et animale et même dans certaines transformations biotechnologiques (**Françoise et Philippe, 1999**).

1. 5.1. En alimentation humaine

Seul le gland doux de variété *ballota* est utilisé en alimentation humaine jusqu'à la deuxième guerre mondiale, les pénuries de blé et l'orge ont poussé les populations d'Algérie et du Maroc à utiliser la farine de gland pour la préparation de couscous, de galettes et de bouillies.(**Mezali, 1985**).Actuellement le gland doux comestible est utilisé en alimentation humaine et fait l'objet de commerce non négligeable dans certaines régions d'Algérie (**Kheddam, 2005**).

1. 5.2. En alimentation animale

Les populations riveraines des chênaies utilisent les glands séchés et bouillies pour l'engraissement des ovins. L'intérêt de leur utilisation réside dans leurs richesses en amidon.

Toutefois les apports en protéines et en vitamines des glands demeurent faibles (**Kheddam, 2005**).

Il y a quelques variétés de chêne liège qui donnent des glands doux plus appréciés par le bétail, surtout dans les subéraies Marocaines et Algériennes (**Natividade, 1955**).

Le gland de chêne vert constitue grande source nutritionnelle pour beaucoup d'animaux.

2. Le chocolat

C'est le produit obtenu à partir de cacao en grains, de cacao en pâte et de cacao en poudre ou de cacao maigre en poudre ou de tourteau de cacao, et éventuellement de beurre de cacao et de sucres.(**Décret n°2-06-517,2009**)

2. 1.Définition du chocolat noir

Le chocolat noir est obtenu par la fermentation, la torréfaction, et le séchage des fèves amères provenant du cacaoyer. Le chocolat noir, aussi appelé chocolat fondant ou chocolat amer, est le chocolat proprement dit.

Pour avoir la dénomination « chocolat noir », le pourcentage de cacao doit être d'au moins 35%.(**MARKAL, 2011**)

Ingédient(s)

Pâte de cacao, Sucre (Saccarose), Beurre de cacao, Cacao en poudre, cacao, Lécithine de soya Vanille ou vanille naturelle(**MARKAL,2011**).

Pâte de cacao

C'est le cacao en grains réduit en pâte au moyen d'un procédé mécanique et non privé d'une partie quelconque de sa matière grasse naturelle

Sucre (Saccharose)

Ce produit est extrait de la betterave sucrière ou de la canne à sucre. Le sucre de canne et le sucre de betterave sont identiques.

Pour produire du chocolat de bonne qualité, il est essentiel que même le sucre réponde à des critères très rigoureux.

Des caractéristiques comme:

- La pureté
- La granulométrie

Beurre de cacao

Désigne la matière grasse obtenue à partir de fèves de cacao ou de parties de fèves de cacao et qui répond aux caractéristiques suivantes:

- teneur en acides gras libres (exprimée en acide oléique): pas plus de 1,75 %,
- teneur en insaponifiables (déterminée à l'éther de pétrole): pas plus de 0,5 %, sauf dans le cas du beurre de cacao de pression pour laquelle n'excédera pas 0,35 % **(UNIFA)**.

Cacao en poudre, cacao

Désigne le produit obtenu par la transformation en poudre de fèves de cacao nettoyées, décortiquées et torréfiées et contenant pas moins de 20 % de beurre de cacao, taux calculé d'après le poids de la matière sèche, et pas plus de 9 % d'eau**(UNIFA)**.

Lécithine de soya

La lécithine de soja est un produit oléagineux extrait des graines de soja. Il s'agit donc d'un produit naturel. La lécithine est utilisée comme agent émulsifiant, c'est-à-dire qu'elle sert de pont entre l'eau et l'huile. Dans le chocolat, elle agit sur les particules solides (de sucre, lait en poudre et matière sèche de la pâte de cacao) pour les dissoudre et les mélanger au beurre de cacao. En conséquence, de petites quantités de lécithine permettent de faire varier la fluidité du produit.

Le dosage de la lécithine varie entre 0 et 0,5 %. Dans le chocolat la lécithine est le seul agent émulsifiant autorisé par la loi**(UNIFA)**.

Vanille ou vanille naturelle

L'aromatisant le plus couramment utilisé dans le chocolat est la vanilline, qui adoucit le goût du cacao c'est un arôme identique à la nature cela signifie qu'il est synthétisé ou composé chimiquement de façon à obtenir un produit qui est identique à un arôme existant dans la nature **(UNIFA)**.

2.2.Processus de fabrication

Le processus de fabrication du chocolat est long, il se fait en plusieurs étapes celles-ci sont inscrites sur le diagramme de fonctionnement montrant les grandes étapes de fabrication allant de la matière d'œuvre initiale, des fèves de cacao au produit fini .

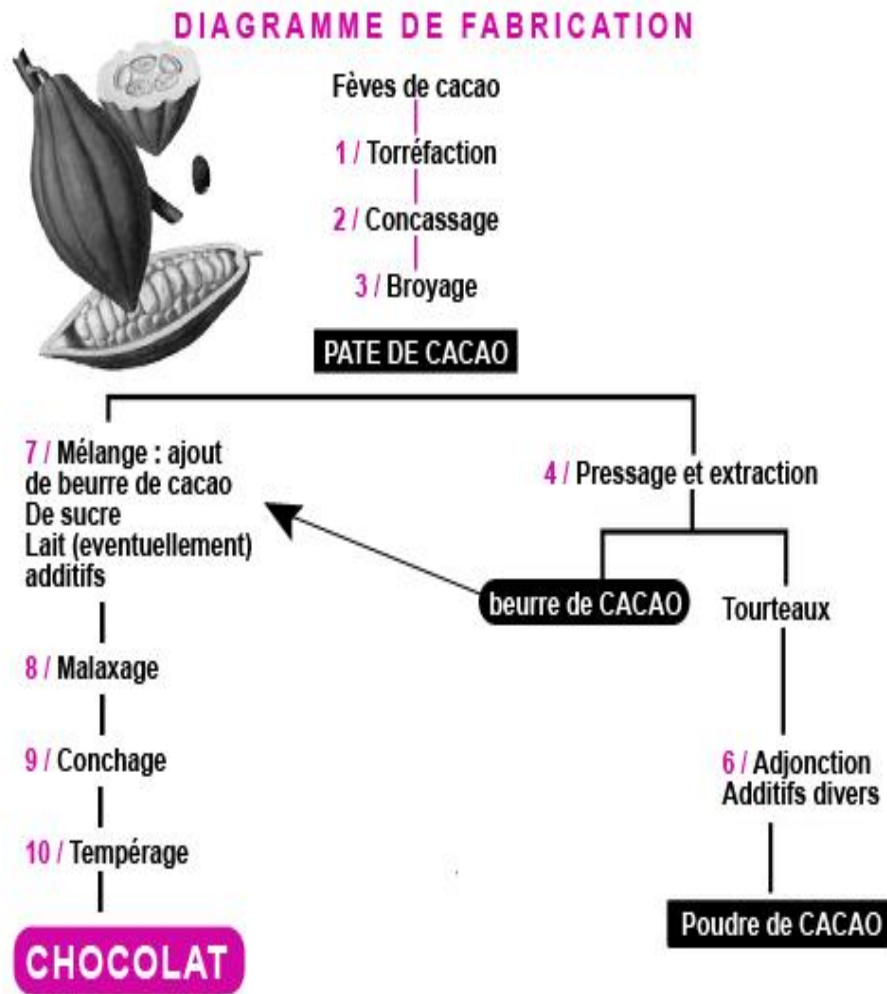


Figure N°1 Diagramme de fabrication de chocolat

2. 3.La valeur nutritionnelle du chocolat

Avant tout, le chocolat est un aliment à très haute densité calorique (500 kcal/100 g) liée à sa richesse en matière grasse (30 g/100 g) et en sucre (10 g/100 g).

Il est, parmi tous les aliments que nous consommons, le plus riche en polyphénols.

Les teneurs s'élèvent à 500 et 840 mg/100 g pour les chocolats au lait et noir respectivement.

Beaucoup de chercheurs pensent aujourd'hui que ces polyphénols auraient des effets bénéfiques sur la santé en limitant le stress oxydant auquel nos tissus sont constamment soumis et qu'ils réduiraient ainsi le risque de maladies cardio-vasculaires, cancers et autres maladies chroniques.

En effet, sa teneur en cuivre est importante, cet antioxydant qui agit comme cofacteur du peroxyde de cuivre.

Un autre antioxydant important, l'épi catéchine, est un des tanins de la famille des flavonoïdes dont les effets antioxydants ont été démontrés :

Propriétés anti oncogènes (cancer du sein, de la prostate) et anti-ischémiques.

Les teneurs du chocolat noir amer en minéraux et oligo-éléments sont indiquées par le tableau 1.

Tableau 1: minéraux et des oligo-éléments d'un chocolat noir

Minéraux et oligo-éléments	Teneur
Potassium	400mg
Phosphore	180 à 250mg
Magnésium	100 à 140mg
Calcium	40 à 60mg
Sodium	11mg
Fer	4 à 6mg
Cuivre	0,7 à 1,2mg
Fluor	traces
Théobromine et de caféine	1,5%
Vitamines A, B1, B2, B3, B12 et D	-

Le chocolat est tonique et antidépresseur, il contient en effet des substances chimiques dont les principales sont la théobromine, la caféine, la phényléthylamine et la sérotonine qui stimule le système nerveux central, améliore les performances musculaires et les réflexes, lutte contre le stress et les états dépressifs. Elles ont un rôle dynamisant et euphorisant.

Les protéines : le cacao contient les 8 acides aminés indispensables dans l'alimentation quotidienne de l'homme.

Les lipides : les acides gras constituant le beurre de cacao favorisent la baisse du taux de cholestérol de l'homme.

Les glucides : ce sont les sucres, plus un chocolat riche en cacao moins il contient de sucre.

Les fibres : elle contribue à régulariser le transit intestinal, pour 100g de cacao et 100g de pain complet ils contiennent tous les deux la même quantité en fibres.

Le potassium : il intervient dans l'excitabilité musculaire et dans le métabolisme cardiaque.

Le magnésium : il assure un bon équilibre nerveux et régularise l'excitabilité musculaire. Sa carence favorise l'anxiété, la fatigue, l'insomnie et la constipation.

Le calcium : il joue un rôle fondamental dans le fonctionnement cellulaire et dans la constitution des os et des dents.

Le phosphore : il constitue la trame osseuse, un sel minéral très importants de notre corps, combiné au calcium.

Le sodium : 12g de sodium dans 100g de chocolat noir, parfait pour un régime sans sel. Par contre pour le chocolat au lait c'est à éviter car 100g en contiennent 100mg.

3. Aliment fonctionnel

3. 1. Définition

Un aliment peut être considéré comme fonctionnel s'il a été démontré de façon satisfaisante qu'il exerce un effet bénéfique sur une ou plusieurs fonctions de l'organisme, au-delà des effets nutritionnels de base, de manière à améliorer la santé et le bien-être et/ou à réduire le risque de maladie (**Boudouhi Raja et al., 2006**).

3. 2. Les différentes catégories d'aliments fonctionnels

Un produit alimentaire peut être rendu fonctionnel selon cinq approches :

- En **éliminant un composant** connu ou identifié pour ses effets nocifs sur le consommateur par exemple protéine allergénique.
 - En **augmentant la concentration** d'un composant naturel dans un aliment afin d'atteindre une concentration susceptible d'induire les effets escomptés
 - En augmentant la concentration d'un **composant non nutritif** dont les effets bénéfiques sont étayés par des données.
 - En **ajoutant** un composant normalement absent de la majorité des aliments, mais dont les effets bénéfiques sont prouvés (antioxydant non vitaminique ou fructosane prébiotique, par exemple).
 - En **remplaçant** un composant comme un macronutriment) dont la consommation est souvent excessive et provoque donc des effets nocifs par exemple graisses par un autre composant aux effets bénéfiques reconnus par exemple inuline de la chicorée.
 - En **améliorant** la biodisponibilité des composants alimentaires ou en les modifiant aux effets bénéfiques reconnus
- D'autre part, un aliment fonctionnel n'a pas besoin d'être fonctionnel pour l'ensemble de la population.
- En effet, chaque individu possède des besoins et des apports différents.

1. Objectifs et lieu de stage

Pour rappel, le présent expérimental a pour but essentiel l'élaboration et la caractérisation sur les plans physicochimique et sensoriel d'un aliment fonctionnel, préparé par l'incorporation de la poudre de glands de chêne vert (*Quercus ilex*L.) dans la masse d'un chocolat. L'enrichissement, rappelons-nous, vise à accroître la valeur alimentaire et thérapeutique du chocolat qui caractérise les glands de chêne ajoutée. Le présent travail a été effectué au laboratoire du Centre Algérien du Contrôle de la Qualité et de l'Emballage (CACQUE, El Harrach) pour une durée de trois mois ainsi qu'au niveau du laboratoire de l'Université de Boumerdes pour quelques analyses complémentaires.

Dans la présente partie seront présentées la matière première utilisée dans la préparation du chocolat, sa méthode de préparation et caractérisation ainsi que les méthodes d'élaboration et de caractérisation du produit fini.

2. Les glands de chêne vert

Les glands de chêne vert utilisés dans notre étude ont été achetés dans le marché de Boumerdes le mois d'avril 2018. Leur récolte a été effectuée dans la période de septembre/novembre 2017 puis déposés sur le marché.

Etant en vrac, les échantillons sont une multitude de variétés.

Les glands sont les fruits du chêne qui appartient à la famille des Fagacées, le genre *Quercus* et l'espèce *Quercus ilex*L. Les fruits sont très répandus en Algérie, comme souligné dans la partie bibliographique.



Figure 1 : Quelques glands utilisés dans l'expérimental (Photo originale)

2.1. Choix des glands de chêne vert

Le choix des glands de chêne vert est justifié par leurs propriétés thérapeutiques et nutritionnelles impressionnantes connues depuis longtemps et qui sont dues à leur composition chimique diversifiée.

Selon **USDA(2018)**, les glands de chêne vert sont particulièrement riches en glucides 54,65%, en protéines 7,49% et en lipides. Elles sont aussi riches en vitamines, plus particulièrement les vitamines du groupe B et la vitamine E, ainsi qu'en sels minéraux tels que le calcium (43%), le potassium (712%), le phosphates (103%) et le magnésium (110%). le fer (1,21%), le cuivre (0,611%) et le zinc (0,64%) se trouvent également dans la portion des minéraux constitutifs de ces fruits.

Dans la partiebibliographique, on trouve plus de détails concernant la composition de ces fruits.

2.2.Préparation de la poudre de gland de chêne vert

La préparation d'échantillon est d'une importance capitale pour toute analyse fiable.

Pour cette raison, avant de procéder aux différentes analyses, les glands de chêne ont subi un ensemble de traitements préliminaires. Le diagramme montré par la figure3.récapitule les principales étapes de la préparation.

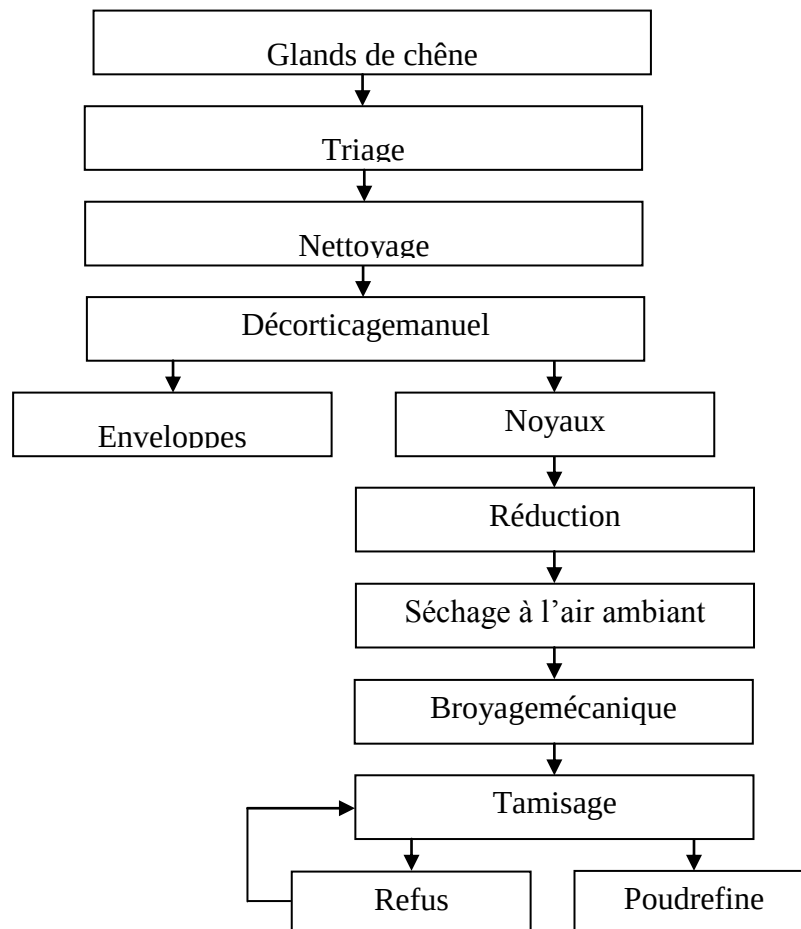


Figure 2 : Préparation de la poudre de glands de chêne vert

Dans un premier temps, les fruits ont subi un triage pour en débarrasser tout fruit inapproprié, un nettoyage, puis un décorticage manuel pour séparer les enveloppes (partie externe) de leurs noyaux (partie interne).

- **Triage**

Effectué à la main, cette opération a pour but d'enlever toutes les impuretés visibles et débarrasser les fruits inappropriés.

- **Nettoyage manuel**

Le nettoyage a pour but d'enlever toutes les impuretés visibles trouvées collées aux fruits et les parties indésirables. Pour enlever les particules de poussières, du papier hygiénique a été employé.

- **Décorticage**

La séparation des noyaux (partie comestible) de leurs enveloppes est effectuée manuellement et maintenue pour l'opération suivante.

- **Réduction**

Effectuée au moyen d'un couteau, elle consiste à découper les fruits en petits morceaux (0,5 x 0,5 cm environ). La réduction a pour but d'accélérer le séchage.

- **Séchage**

Réduits en petits morceaux, les noyaux ont subi un séchage à l'air ambiant jusqu'à un taux d'humidité de 6% environ.

- **Broyage**

Le broyage a pour but de réduire les petits morceaux séchés en poudre fine (farine). Il a été effectué au biais d'un broyeur mécanique (figure 4).



Figure 3: Broyeur mécanique

• **Tamisage**

Une succession de tamisage (0,5 mm) a été procédée pour enlever les gros morceaux (refus) qui subissent en une fois le broyage. La poudre ainsi obtenue est maintenue pour subir différentes analyses physicochimiques et faire l'objet de l'essai de l'enrichissement du chocolat.

• **Conditionnement**

La poudre des noyaux obtenue est conditionnée dans des boites en plastiques hermétiquement fermées et entreposées à l'abri de l'humidité et de la lumière.

Autres matières premières

Le beurre de cacao, lapoudre de cacao et la lécithine de soja utilisés dans notre recette ont été fournis de l'entreprise de **BIMO ALGERIE**.

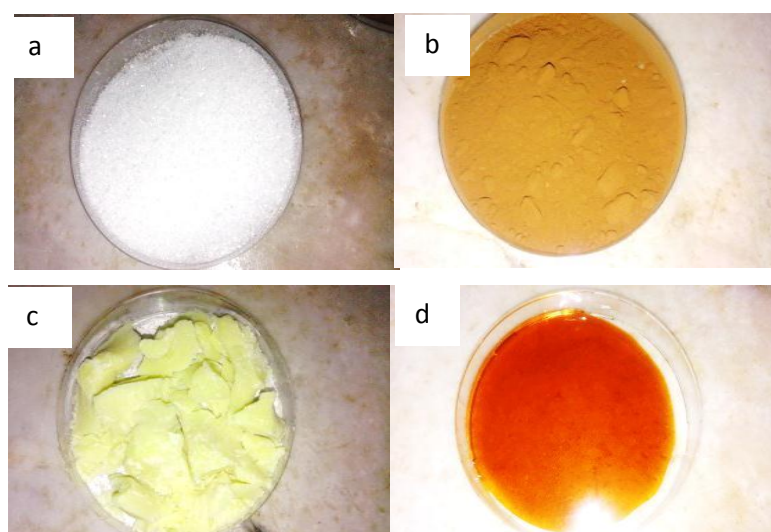


Figure 4:Les différentes matières premières du chocolat utilisées dans la présente étude (a : sucre, b : poudre de cacao, c : Beurre de cacao, d : lécithine de soja)

3. Analyses physico chimique poudre de gland de chênes vert.

Avant de son incorporation dans la masse du chocolat, la poudre de glands de chêne a subit une caractérisation physicochimique en déterminant les paramètres suivants :

- pH
- Taux de cendres
- Taux d'humidité
- Taux de matières sèches
- Teneur en matières grasses
- Acidité titrable

3.1.Détermination du pH

La détermination du pH a été réalisée pour la farine de gland de chêne vert, par un Ph mètre étalonnée au préalable ce paramètre nous renseigne sur le degré d'acidité et de basicité du produit(NF V 05-108, 1970).

3.2. Teneur en cendre brutes

C'est le résidu obtenu après incinération dans les conditions décrite ci-dessous et exprimé en pourcentage en masse(NF V 18-101).

Principe

C'est la destruction de la matière organique par incinération et pesée du résidu obtenu.

Mode opératoire

Peser environ 5g ($\pm 0,001$ g) de l'échantillon pour essai dans un creuse d'incinération. Placer le creuse sur la plaque d'essai chauffante et chauffer progressivement jusqu'à carbonisation de la prise d'essai, introduire le creuset dans le four à moufle et le l'essai 3h et vérifier visuellement si les cendres sont dépourvues de particule charbonneuses sinon placer le creuset dans le four et chauffer à nouveau 1h.

Si particule charbonneuses sont encore visible les refroidir puis humidifier les cendres avec de l'eau distillée éliminer l'eau par chauffage à l'étuve et remettre le creuset dans le four pendant 1h.

-Laisser refroidir le creuset dans le dessiccateur jusqu'à la température ambiante et peser rapidement à 0,001g de près.

-Effectuer deux déterminations sur le même échantillon pour essai.

Expression des résultats

$$\text{Cendres} = (M_2 - M_0) \times \frac{100}{(M_1 - M_0)}$$

Où

M_0 : la masse en gramme du creuset vide

M_1 : la masse en gramme du creuset contenant la prise d'essai

M_2 : la masse en gramme du creuset et des cendres brutes

3.3. Détermination du taux d'humidité

Principe

La détermination de l'humidité a été réalisée pour la farine de gland de chêne vert par la dessiccation de 5g à l'étuve à une température de $103 \pm 2^\circ\text{C}$ jusqu'à poids constant.

Après broyage et conditionnement éventuels séchage du produit à une température de 103°C pendant 4h (NA 1213).

Mode opératoire

-Peser à 1mg près environ 5g d'échantillon pour essai dans un récipient préalablement séché ainsi que son couvercle à 103°C pendant 30min et taré à 1mg de près.

-Laisser sécher pendant 4h comptées à partir du moment où la température de l'étuve atteint à nouveau 103°C retirer le récipient de l'étuve mettre le couvercle laisser refroidir pendant environ 30min dans le dessiccateur et peser à 1 mg de près.

Expression des résultats

La teneur en eau (H %) exprimée en pourcentage en masse du produit humide est calculée selon la formule suivante :

$$H = (M_0 - M_1) \times \frac{100}{M_0}$$

Où

M_0 est la masse en grammes de la prise d'essai.

M_1 est la masse en grammes de la prise d'essai après séchage

3.4. Teneur en matières sèches

La teneur en matières sèches (Ms, %) a été déterminée à partir de l'expression suivante :

$$Ms (\%) = 100 - H (\%)$$

3.5.Teneur en matières grasses

La teneur en matières grasses a été déterminée par la méthode de Soxhlet(NF EN ISO 734-1, 2000).

Principe

Dans cette méthode la poudre des glands est placée dans une cartouche poreuse de cellulose.

La cartouche est placée dans une chambre d'extraction ou colonne, qui est suspendu au-dessus d'un ballon contenant le solvant et au-dessous d'un condensateur.

Le ballon est chauffé, le solvant s'évapore et entre vers le haut dans le condensateur ou il est convertie en liquide qui s'écoule goutte à goutte dans la chambre d'extraction contenant l'échantillon.

La chambre d'extraction est conçue de sorte que quand le solvant entourant l'échantillon excédée un certain niveau, elle déborde et s'écoule vers le bas dans le ballon d'ébullition.

A la fin du procédé d'extraction, qui dure six (6) heures, le ballon contenant le solvant et le lipide est retiré.

Le solvant dans le ballon est alors évaporé et la masse du lipide restant est mesurée.

Le pourcentage du lipide dans l'échantillon initial peut alors être calculé.

Mode opératoire

Peser 5 g de poudre de farine de gland de chêne vert que l'on place dans la cartouche de l'extracteur et la boucher avec un coton dégraissé, maintenir la température à 68°C le chauffage du ballon entraîne le passage de la vapeur du solvant par le tube adducteur et se condensent dans le réfrigérant et retourne sur l'échantillon. En macérant le solide dans le solvant et le solvant condensé s'accumule dans l'extracteur et retourne dans le ballon comme liquide avec un accompagnement de substance extraite qui s'accumulent progressivement dans le ballon.

Laissent l'extraction poursuivre pendant 6 heures, le solvant s'évapore et les substances resta dans le ballon.

L'évaporation se fait généralement sur un évaporateur rotatif et expulser les dernières traces du solvant en chauffant le ballon dans l'étuve pendant 2 heures à une température voisine de 100 °C, laisser refroidir le ballon dans le dessiccateur et peser.

Expression des résultats

La teneur en matière grasse est calculée selon la formule suivante :

$$MG \% = (P_2 - P_1 \times 100) / P_3$$

Où :

P₁ : poids du ballon vide ;

P₂: poids du ballon matière grasse extraite ;

P₃: poids de la prise d'essai ;

MG : matière grasse.

3.6. Acidité titrable

L'acidité est l'expression conventionnelle du pourcentage d'acides gras libres exprimés en pourcentage d'acide oléique qui est l'acide dominant (**Bouderoua, 2009**).

Principe

Mise en solution d'une prise d'essai dans un mélange de solvants, puis titrage des acides gras libres présents à l'aide d'une solution éthanoïque d'hydroxyde de potassium (**NA.273/1990**).

Mode opératoire

- Dissoudre la prise d'essai dans 50 à 150 ml du mélange oxyde diéthylique méthanol préalablement neutralisée

- Titrer en agitant avec la solution d'hydroxyde de potassium à 0,1 mol jusqu'à virage de l'indicateur coloration rose de phénolphthaléine persistant durant au moins 10s.

Expression des résultats

L'acidité exprimée en pourcentage en masse est égale à

$$V \times c \times \frac{Mx}{1000} + \frac{100}{m}$$
$$= \frac{V \times c \times M}{10 \times m}$$

V : volume en millilitres de la solution titrée d'hydroxyde de potassium utilisée.

C : concentration exacte en moles par litre de la solution titrée d'hydroxyde de potassium utilisée

M : masse molaire en gramme par mole de l'acide adopté pour l'expression du résultat.

m : masse en gramme de la prise d'essai

3.7. Détermination de la teneur en protéines brutes

La teneur en protéines brutes a été déterminée selon la méthode de KJELDAHL(NA 652 ; ISO 8968-1).

Principe

Il s'agit d'une méthode classique utilisée pour quantifier les protéines contenues dans un produit à partir du dosage de l'azote total.

Cette méthode est basée sur une minéralisation par l'acide sulfurique H_2SO_4 pur 98% d'une prise d'essai en présence des catalyseurs, suivi d'une distillation de l'ammoniac libéré dans un excès d'acide borique H_3BO_3 . La teneur en azote de l'échantillon sera déterminée par titrimétrie de l'ammoniac par l'acide sulfurique 0,1N

Calcule de l'azote et multiplication du résultat par le facteur conventionnel 5,3 afin d'obtenir la teneur en protéines brutes.

Mode opératoire

Peser à 1 mg près une masse de l'échantillon pour essai choisie en fonction de la teneur présumée en azote.

La masse de la prise d'essai doit être comprise entre 0,5 et 2,0 g.

Minéralisation de la matière organique

Introduire quantitativement la prise d'essai dans un ballon à minéralisation de Kjeldahl ayant une capacité convenable en général 800ml

Ajouter (une pincée de du mélange catalyseur sulfate de potassium, sulfate de cuivre).

Ajouter 25ml de l'acide sulfurique pour le premier gramme de la matière sèche de la prise d'essai et 6 à 12 ml pour chaque gramme supplémentaire de la matière sèche.

Chauffer le ballon tout d'abord doucement pour éviter que la mousse dans le col du ballon chauffe avec minéralisation en agitant de temps en temps par tournoiement jusqu'à carbonisation de la masse.

Lorsque la solution est devenue limpide, poursuive le chauffage durant 2h et laisser refroidir.

Distillation de l'ammoniac

Ajouter avec précaution 250 à 350ml d'eau pour dissoudre complètement les sulfates mélanger et laisser refroidir.

Introduire à d'une pipette dans la fiole de réception de l'appareil à distillation 20ml de la solution d'acide borique selon la teneur présumer en azote de la prise d'essai et ajouter 100 à 150 ml d'eau et quelques gouttes de l'indicateur mixte .(rouge de méthyle+ bleu de méthylène)

Plonger l'extrémité du réfrigérant sur une profondeur d'au moins 1cm dans le liquide de la fiole de réception.

Introduire lentement dans le ballon à minéralisation le long de la paroi,100ml de la solution d'hydroxyde de sodium.

On utilise la solution d'acide borique comme liquide de récupération titrer l'ammoniac avec la solution d'acide sulfurique 0,1N ou 0,25N selon le cas jusqu'à changement de coloration du vert au violet.

Essai à blanc

Effectuer un essai à blanc en utilisant environ 1g du saccharose comme prise d'essai .

Expression des résultats

La teneur en azote exprimée en pourcentage en masse du produit est égal à

$$\begin{aligned} &= \frac{(V1 - V0) \times T \times 0,014 \times 100}{m} \\ &= \frac{1,4(V1 - V0) \times T}{m} \end{aligned}$$

Où

Calculer la teneur en protéines brutes du produit en multipliant par le facteur 5,3 la teneur en azote les résultats exprimés en %.

V0 : volume en millilitres de la solution d'acide sulfurique utilisé pour l'essai à blanc.

V1 : volume en millilitres de la solution d'acide sulfurique utilisé pour la détermination.

T : normalité de la solution d'acide sulfurique utilisée pour le titrage.

m : masse en grammes de la prise d'essai.

4. Méthode de formulation du chocolat

La préparation des différentes formulations de chocolat a été faite artisanalement au sein du laboratoire de Contrôle de la Qualité et de la Répression des Fraudes selon le diagramme montré en figure 5. Le mode d'élaboration est effectué manuellement conformément à la recette tenant compte des ingrédients montrés dans le tableau 1. La poudre des glands a été incorporée dans la masse du chocolat en différentes proportions : 0%, 1%, 3%, 5%, 7%, et 10%.

Tableau 1: Ingrédients composant le chocolat préparé.

Echantillon	Poudre de glands de chêne	Poudre de cacao	Beurre de cacao	Lécithine de soja	Vanille	Sucre
Témoin	0%	40%	30%	0,5%	0,5%	29%
A	1%	39,6%	29,7%	0,49%	0,49%	28,71%
B	3%	38,8%	29,1%	0,48%	0,48%	28,3%
C	5%	38%	28,5%	0,47%	0,47%	27,55%
D	7%	37,2%	27,9%	0,46%	0,46%	26,97%
E	10%	36%	27%	0,45%	0,45%	26,1%

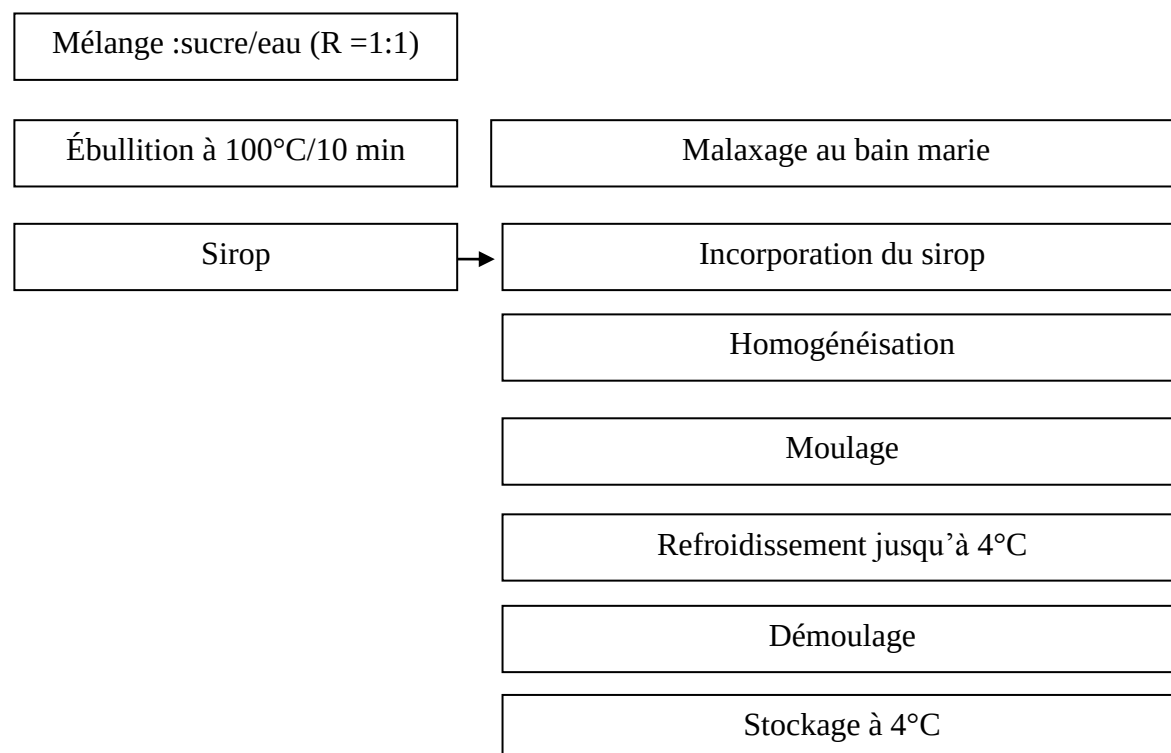


Figure5: Diagramme de formulation du chocolat a base de la farine de gland de chêne vert.

L'obtention du chocolat enrichi en différents pourcentages de poudre de glands de chêne vert est passée par plusieurs étapes, les principales sont :

4.1. Etapes de production de chocolat

❖ Mélange des différents ingrédients

Incorporer le beurre de cacao avec la poudre de cacao, la lécithine de soja et la vanille.

❖ Malaxage des constituants

Malaxer avec un batteur électrique au bain marie jusqu'a l'obtention d'une pâte homogène

❖ Préparation et incorporation du sirop blanc

Incorporer progressivement dans la pâte un sirop parallèlement préparé à une température de 100°C

❖ Homogénéisation

Homogénéisation avec un batteur électrique l'ensemble pâte et sirop

❖ Moulage du chocolat

Verser dans des moules en silicone

❖ Refroidissement

Laisser refroidir a une température de 4°C

❖ Démoulage du chocolat

Démouler les morceaux de chocolat et les conserver a une température de 4°C

5. Analyses des produits finis

Dans un premier temps les produits élaborés ont subi une analyse sensorielle qui vise principalement à l'évaluation du degré d'appréciation de ceux-ci par le consommateur.

Trois paramètres organoleptiques (goût, couleur et texture) ont été évalués.

Notons que la formulation ayant la plus haute proportion et étant la plus appréciée (en tenant en compte des trois paramètres sensoriels) elle fera l'objet des analyses physicochimiques et microbiologiques.

5.1. Analyse sensorielle

Un test «hédonique »visant la vérification de l'acceptabilité des produits préparations par le consommateur a été menu pour mesurer le degré d'appréciation des produits en évaluant l'appréciation du goût, de la couleur et la texture.

A cet effet, une fiche de notation a été préparée et présentée au jury composé de 14 sujets de différentes catégories allant de 29 à 59 ans.

Il s'agit du personnel du laboratoire de contrôle de la qualité et de la répression des fraudes d'Alger.

Dans ce test, on s'est servi d'une échelle de 9 niveaux allant de 1 à 9.

Chaque niveau correspond à une catégorie bien définie comme la montre le tableau 1

Tableau 2 : Evaluation du goût, de la couleur et de la texture des différentes préparations des échantillons de chocolat.

Catégorie	Note
Extrêmement désagréable	1
Très désagréable	2
Désagréable	3
Assez désagréable	4
Ni désagréable ni agréable	5
Assez agréable	6
Agréable	7
Très agréable	8
Extrêmement agréable	9

5.1.1. Description de la tâche d'analyse

Le panel de dégustation est appelé à évaluer les échantillons codés en indiquant leur degré d'appréciation sur l'échelle de 9 niveaux.

5.1.2. Présentation des échantillons

Les échantillons sont présentés dans des contenants identiques, codés avec des codes de trois chiffres.

Tous les échantillons sont présentés simultanément à chaque dégustateur.

A la figure 5 est présenté le bulletin d'évaluation du degré d'appréciation par les dégustateurs.

<u>FICHE DE TEST HEDONIQUE</u>					
NOM :		PRENOM :		Age :	
Veuillez évaluer chaque échantillon en donnant une note de 1 à 9.					
<u>Goût</u>					
325	231	332	113	245	431
<u>Couleur</u>					
325	231	332	113	245	431
<u>Texture</u>					
325	231	332	113	245	431

Figure 6: Bulletin du test hédonique

5.2. Analyses statistiques

La signification des différences entre les résultats a été évaluée par une Anova procédée au moyen du logiciel Minitab 15.

6. Analyses physico-chimiques du produit fini

Différents paramètres physicochimiques ont été déterminés : la viscosité, taux des matières grasses et taux des sucres totaux.

6.1. Détermination de la viscosité

Principe

Consiste à mesurer les valeurs de la viscosité des échantillons à l'aide d'un appareil viscosimètre : « Visco basic plus, Fungilis) le bras utilisé est de rayon R6.

6.2. Teneur en matières grasses

La teneur en matières grasses a été déterminée selon la méthode SOXLHET (NF EN ISO 734 -1, 2000)

La détermination de la teneur en matière grasse dans le chocolat a été effectuée selon la méthode Soxhlet de la même procédure indiquée en paragraphe (3.5) et qui concerne l'analyse

de la poudre de glands de chêne vert après une attaque acide dans le but de réaliser un épuisement total pour la matière grasse que contient le chocolat.

6.2.1. Attaque Acide

Technique de Wiseman selon (Raoul Lecoq tome 1, page 569, 1965).

Principe

L'acide chlorhydrique dilué libère à chaud la matière grasse des protéines et des autres substances la matière grasse et séparer par filtration sur le sable et après séchage est extraite à l'éther de pétrole dans le Soxhlet la solution étherée est distillée et le résidu est pesé.

Réactifs :

Acide chlorhydrique 1N

Solution aqueuse d'acétate de zinc à 20 %

Solution aqueuse de ferrocyanure de potassium à 10%

Sable purifié pour analyses

Ether de pétrole séché son point d'ébullition doit être compris entre +40 et +60°C

Mode opératoire

On pèse environ 5g de l'échantillon on ajoute 50ml d'acide chlorhydrique 1N et faire bouillir pendant 5min on laisse déposer si le liquide n'est pas clair on ajoute 1ml de solution d'acétate de zinc à 20% et 1ml de solution de ferrocyanure de potassium à 10%.

On filtre sur un filtre mouiller contenant 5g de sable purifié puis on sèche à l'étuve à +100°C.

Extraire le papier filtre séché et le résidu avec l'éther de pétrole pendant 2h dans un Soxhlet

Après évaporation du solvant sécher à l'étuve à +100°C jusqu'à poids constant.

6.3. La teneur en sucres totaux

La teneur en sucres totaux selon la méthode BERTRAND (Raoul Lecoq, tome 2, page 1224, 1965).

La détermination de la teneur en sucre totaux dans le chocolat a été effectuée de la même procédure décrite pour l'analyse de la farine de gland de chêne vert.

6. Caractéristiques microbiologiques

Prise d'essai et la préparation de la suspension mère (ISO 6887)

Sur une balance analytique, nous avons pesé une masse de 10g de chocolat puis on a rajouté 90ml de tryptone sel avec twin pour obtenir une dilution de 10^{-1} qui est la solution mère qui servira à la recherche des germes aérobies à 30°C, de Staphylocoque aureus, Entérobactéries et levures et moisissures.

6.1. Recherche des micro-organismes

6.1.1. Recherches des Entérobactérie

Les Entérobactéries sont des bactéries qui fermentent le lactose (ISO 2158-1).

Principe

Cette méthode est basée sur l'utilisation d'un milieu de culture sélectif pour le dénombrement des microorganismes par comptage des colonies après incubation en anaérobiose à 37°C.

Milieu de culture utilisé

VRBG

Mode opératoire

Nous avons effectué un ensemencement au centre de chaque boîte pétrie à une dilution de 10^{-1} à l'aide d'une pipette stérile 1ml du liquide.

Après l'ensemencement on verse environ 15ml milieu VRBG et on mélange l'inoculum avec le milieu de culture on laisse se solidifier puis on rajoute une deuxième couche de VRBG pour assurer l'anaérobiose et après solidification on incube les boîtes retournées à 37°C dans l'étuve pendant 24h.

Lecture des résultats

L'interprétation selon le journal officiel N°39,2017

La limite microbiologique d'Entérobactéries est entre 200 et 300 germes /g.

6. 2.2. Recherche des Staphylococcus aureus

C'est une bactérie qui appartient à la famille des micrococcaceae elle est entéro-toxinogène et coagulase positive elle est responsable d'intoxications alimentaires (ISO 6888)..

Principe

Cette méthode est basée sur l'utilisation d'un milieu de culture sélectif solide pour le dénombrement de *Staphylococcus aureus* obtenus en aérobiose après incubation à 37°C.

Milieu de culture utilisé

Baird -Parker : milieu déjà préparé et couler dans des boîtes pétries conservée au réfrigérateur.

Mode opératoire

Avant l'analyse à l'étuve on met les boîtes de Baird -Parker à l'étuve pour les sécher sans couvercle et dont la surface de la gélose est tournée vers le bas jusqu'à la disparition des gouttelettes à la surface du milieu.

Pour l'ensemencement il se fait au cours de l'analyse sur la boîte nous avons ensemencé environ 0.1 ml de la suspension mère en surface puis étaler avec le râtelier.

L'incubation des boîtes retournée à l'étuve se fait à une température de 37°C pour une durée de 24h à 48h.

Lecture des résultats

L'interprétation selon le journal officiel N°39,2017

La limite microbiologique de *Staphylococcus aureus* est entre 200 et 300 germes /g

6.2.3. Recherche de germes aérobies à 30°C (ISO 4833-1)

Principe

Cette méthode est basée sur l'utilisation d'un milieu de culture sélectif pour le dénombrement des microorganismes par comptage des colonies après incubation en aérobiose à 30°C.

Microorganisme : bactérie, levure ou moisissure formant des colonies dénombrables se développant en aérobiose à la température de 30°C après 72h d'incubation.

Milieu de culture utilisé

PCA

Mode opératoire

Nous avons effectuée un ensemencement au centre de chaque boites pétri à une dilutions de (-1) a l'aide d'une pipette stérile 1ml du liquide on verse environ 15ml milieu PCA et on mélange l'inoculum avec le milieu de culture on laisse se solidifier et après solidification on incube les boites retournées à 30°C dans l'étuve pendant 72h.

Lecture des résultats

l'interprétation selon le journal officiel N°39,2017

La limite microbiologique de germes aérobie à 30°C est entre 300 et 400 germes /g.

6.2.4. Recherche de levures et moisissures selon (ISO 21527-2)

Principe

Cette méthode est basée sur l'utilisation d'un milieu de culture sélectif pour le dénombrement des microorganismes par comptage des colonies après incubation en aérobiose à 25°C.

Microorganisme : levure et moisissure formant des colonies dénombrables se développant en aérobiose à la température de 25°C après 5 à 7 jours .

Milieu de culture utilisé

DG18

Mode opératoire

Avant l'analyse les boites de DG18 sont séchées à l'étuve sans couvercle et dont la surface de la gélose est tournée vers le bas jusqu'à la disparition des gouttelettes à la surface du milieu.

Nous avons effectué un ensemencement environ de 0.1ml de la suspension mère en surface puis on étale avec le râtelier.

On incube par la suite les boites retournée vers le haut à l'étuve à une température de 25°C pour une durée de 5 à 7 jours .

Lecture des résultats

L'interprétation selon le journal officiel N°39,2017

La limite microbiologique des levures et moisissures est entre 100 et 200 germes /g.

Résultats et discussion

Pour rappel, l'objectif de notre expérimental est l'élaboration et la caractérisation sur les plans physicochimique, microbiologique et sensoriel d'un aliment fonctionnel, préparé par l'incorporation de la poudre de glands de chêne vert (*Quercus ilex*, L.) dans la masse d'un chocolat.

L'enrichissement, rappelons-nous, vise à accroître la valeur alimentaire et thérapeutique du chocolat qui caractérise les glands de chêne ajoutée.

Dans la présente partie seront présentés et discutés les résultats obtenus et qui sont relatifs aux différentes analyses physicochimiques, microbiologiques et sensorielles effectuées.

1. Analyses physico-chimiques de la poudre de glands de chêne vert

Les résultats concernant la caractérisation de la poudre de glands de chêne sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1 Quelques propriétés physicochimiques de la poudre de glands de chêne vert.

Paramètres	Moyenne	E-type	Références
pH	6,06	0,16	–
Cendres (g/100g Mh)	1,70	0,01	1.65(Bouderoua, 1995)
Humidité (g/100g Mh)	6,13	0,45	6,00 (USDA, 2018)
Matières sèches (g/100g Mh)	93,87	0,45	63.36(Bouderoua, 1995)
Sucres totaux(g/100g Mh)	10,62	00	54,65 (USDA, 2018)
Sucres réducteurs(g/100g Mh)	0,42	00	2,62(Bouderoua, 1995)
Matières grasse(g/100g Mh)	7,17%	1,20	30,17 (USDA, 2018)
Aciditétitrable(g/100g Mh)	55,98	00	–
Protéines(g/100g Mh)	4,18	0,43	7,49 (USDA, 2018)

USDA:National Nutrient Database for Standard Reference Release

1. 1. Humidité et matières sèches

La figure 1 montre la teneur en eau et celle en matières sèches.

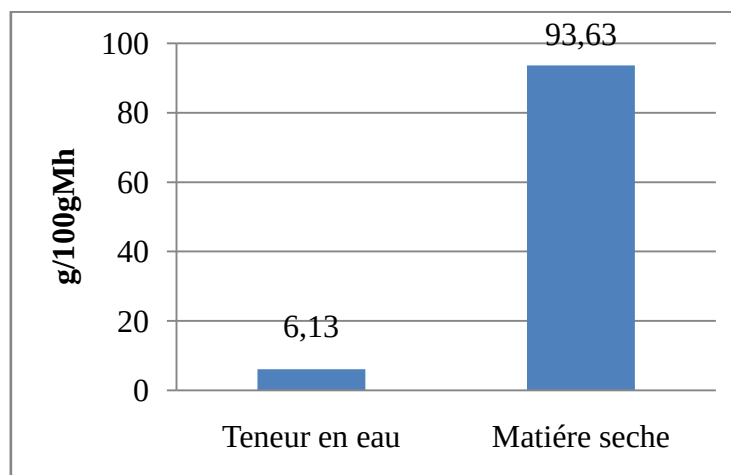


Figure 1: Teneurs en eau et en matières sèches dans la poudre de glands de chêne vert.

La teneur en eau est un paramètre déterminant dans la conservation des aliments :

La plupart d'altérations chimiques, enzymatiques et biologiques sont fonction à la quantité d'eau présente dans un échantillon, notamment à la quantité d'eau libre. Selon la figure 1, la poudre de glands de chêne analysée dans la présente étude présente un taux d'humidité qui proche de 6% (g/100gMh) et par conséquent un taux de matières sèches voisinant 94% (g/100g Mh). Ces valeurs semblent comparables à celles rapportées dans la littérature (USDA, 2018).

Notons que par ailleurs, l'humidité d'un produit séché est un paramètre influencé surtout par le temps et la température appliqués lors du traitement ainsi que par les conditions du stockage et la nature de l'emballage.

D'autre part, la valeur obtenue dans cette étude indique que notre poudre peut se conserver facilement, tout en respectant bien évidemment certaines conditions de stockage.

1. 2. pH et acidité titrable

Les résultats concernant le pH et l'acidité titrable caractérisant la poudre de glands de chêne sont représentés dans la figure 2

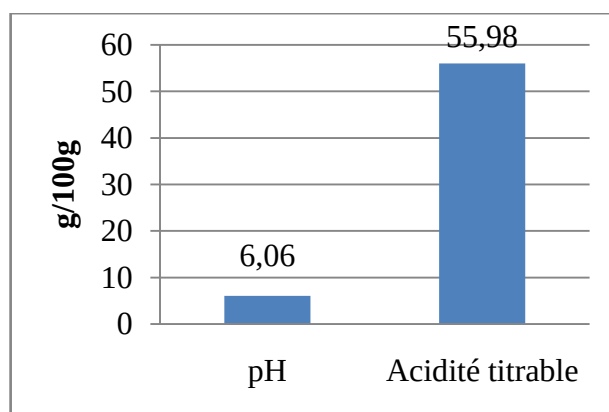


Figure 2 : pH et Acidité titrable de la poudre de glands de chêne vert.

D'après la figure 2 la poudre analysée possède un pH proche du neutre (pH 6,06). Ceci signifie que notre poudre a une acidité potentielle faible.

Contrairement à l'acidité potentielle, la poudre semble une source importante des acides organiques dont la teneur voisine les 56% (g/100 g Mh).

Il faut noter que l'acidité est un paramètre qui joue un rôle primordial dans la formation du goût et la fraîcheur d'un aliment.

Par ailleurs, la littérature ne fournit aucune référence inhérente à l'acidité des glands de chêne, à notre connaissance, bien qu'elle constitue un paramètre non négligeable.

1. 3. Cendres et matière organique

Les cendres dans un échantillon est l'ensemble de minéraux obtenus après incinération à température élevée.

La teneur en cendres contenue dans la poudre de glands de chêne est représentée dans la figure 3.

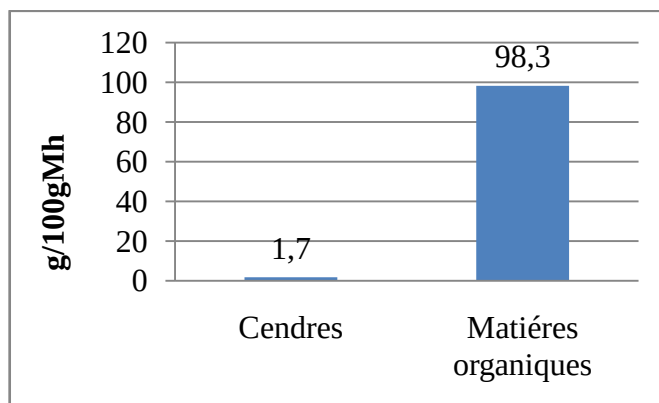


Figure 3: Teneur en cendre et en matière organique contenue dans la poudre de glands de chêne vert.

La figure 3 montre que la poudre analysée a une teneur en cendres de 1,70g/100 g Mh. La poudre de glands e chêne vert est dénommée « farine » de glands et est normalisée. En comparaison notre valeur à la norme (**USDA,2018**)on trouve qu'elle est légèrement supérieure à celle-ci.

Toutefois, la valeur élevée des cendres dans notre poudre peut être une richesse en éléments minéraux.

Selon **USDA (2018)**, les glands de chêne vert renferment un ensemble d'éléments minéraux : Ca, Fe, Mg,P, K, Zn, Cu, Mn.

1. 4. Sucres totaux et sucres réducteurs

Les résultats du dosage des sucres totaux et sucres réducteurs sont présentées dans la figure 4.

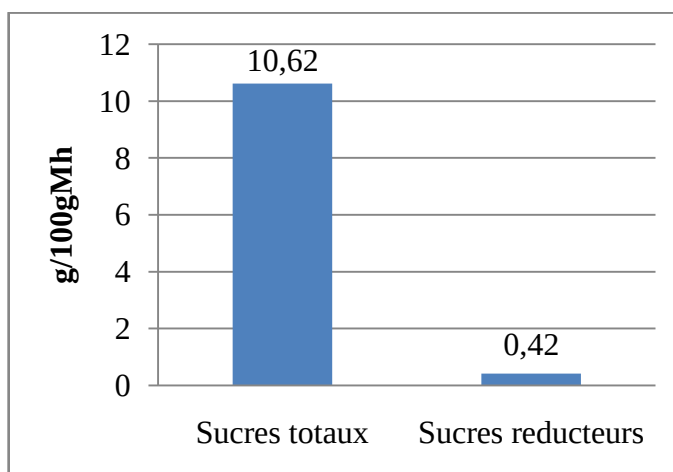


Figure4: Teneur en sucre totaux et réducteurs contenus dans la poudre de glands de chêne vert.

Comme le montre la figure 4 la poudre de glands de chêne analysée possède un taux de sucre d'environ 10,62 g/ 100 g Mhdont 0,42g/100 g Mhsont des sucres réducteurs. Ces valeurs se trouvent très faibles par rapport à celles(54,65 %)rapportées dans la littérature (**USDA, 2018**).

Notons que la présence des sucres dans les glands joue un rôle dans la neutralisation de l'amertume qui caractérise certaines variétés et qui est due essentiellement à la présence de certains composés phénoliques (tanins) ; en fait, le goût final de la poudre est conditionné par le rapport sucres/tannins.

1. 5. Matières grasses

D'après le tableau 1 notre poudre est très pauvre en matières grasses (1,17g/100g Mh). Selon **USDA(2018)**, le taux de matières grasses dans les glands de chêne vert peut atteindre 30,17g/100g Mh.

Il faut noter que la teneur en matière grasse est influencée par la nature de la méthode d'extraction (à chaud, à froid.....) et par la nature du solvant utilisée (hexane, éther...), la variété des glands, la nature du solvant....

1. 6. Protéines

D'après le tableau 1, on constate que la teneur en protéine (4,18g/100gMh) de notre poudre est proche à celle de la littérature (7,49g/g100gMh) cas de la référence (**USDA,2018**)

1. 7. Analyse de la granulométrie

La figure 5 présente la distribution de la taille des particules constitutives de la poudre de glands en fonction de son volume respectif.

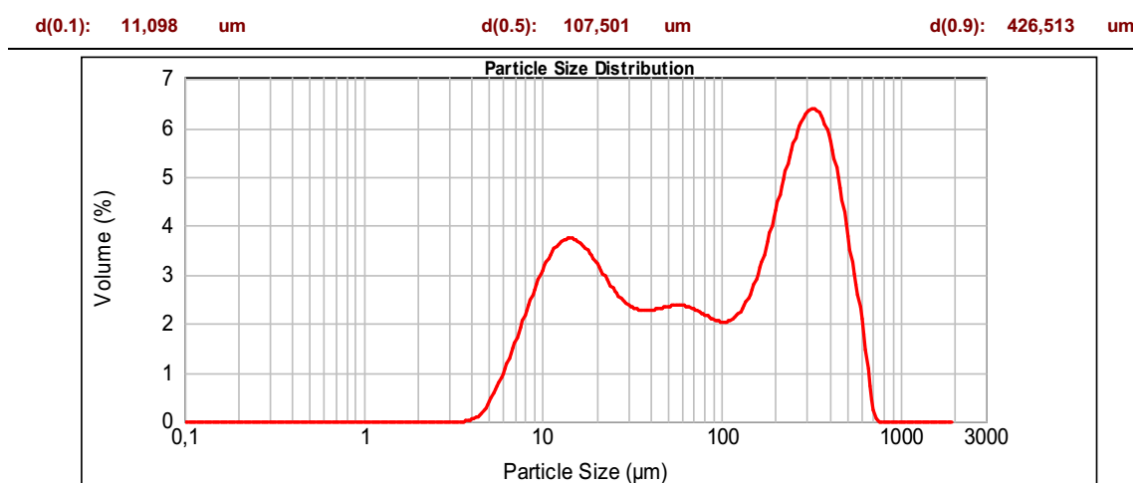


Figure 5:Granulométrie de la poudre de glands de chênevert

Il est aisé de constater que la courbe de distribution de la taille montre deux pics de volumes différents, ce qui explique que notre poudre n'est pas parfaitement homogène.

D'autre part, l'analyse de la granulométrie montre que 90 % du volume de l'échantillon ont une taille inférieure à 426,513 µm.

2. Analyses des produits finis

2.1. Analyses sensorielles

Les résultats relatifs à l'évaluation sensorielle des produits sont représentés dans les tableaux 2, 3 et 4.

Tableau 2 Résultats de l'évaluation du goût des produits élaborés

Jury	Goût					
	0%	1%	3%	5%	7%	10%
1	7	7	7	6	6	4
2	8	8	8	5	5	4
3	7	8	8	6	5	3
4	7	7	8	6	6	4
5	7	7	4	7	7	5
6	6	6	6	4	3	2
7	7	8	7	6	5	3
8	7	8	9	6	4	2
9	6	6	5	8	8	3
10	7	7	7	5	4	3
11	7	7	8	7	7	4
12	6	7	8	5	5	5
13	7	6	6	5	5	4
14	8	8	7	7	4	3

Tableau 3 Résultats de l'évaluation de la couleur des produits élaborés.

Jury	COULEUR					
	0%	1%	3%	5%	7%	10%
1	8	7	7	6	6	6
2	9	9	9	7	7	5
3	8	7	7	6	6	5
4	8	8	8	7	6	4
5	6	6	6	6	6	3
6	4	5	5	5	5	5
7	8	7	7	7	6	4
8	8	8	8	7	7	6
9	7	7	7	7	7	6
10	6	6	6	6	6	6
11	8	8	8	8	8	8
12	8	8	8	8	8	8
13	7	7	7	7	7	7
14	7	7	7	7	7	7

Tableau 4 Résultats de l'évaluation de la texture des produits finis.

Jury	TEXTURE					
	0%	1%	3%	5%	7%	10%
1	7	7	7	5	4	4
2	7	7	7	5	5	4
3	8	8	8	7	6	5
4	8	8	8	7	7	5
5	7	7	7	7	7	3
6	7	7	7	7	7	7
7	8	7	7	6	6	4
8	6	8	8	6	6	2
9	4	4	5	7	5	4
10	5	6	6	5	5	5
11	8	8	8	7	7	7
12	7	7	7	7	7	6
13	7	7	6	7	7	6
14	8	8	7	7	4	3

Selon l'ANOVA ($p < 0,5$) aucune différence significative n'est observée entre les scores relatifs à l'évaluation de la couleur produits élaborés, d'une part, et d'autre part entre les notes d'appréciation de leur texture; cela signifie que les produits élaborés sont appréciés, aussi bien pour leur texture que pour leur couleur, au même titre que le témoin (0%). L'ajout de la poudre n'a donc pas d'effet significatif sur la couleur et la texture du chocolat enrichi.

Contrairement à la couleur et la texture, l'essai d'incorporation a significativement affecté le goût du chocolat ; en effet, au de-là de 3% de poudre, le goût devient moins appréciable par rapport au témoin (0%). Or, la formulation dont la proportion est de 3% de poudre semble la plus appréciée. Sur la base de ces résultats, cette formulation a été retenue pour être analysée sur les deux plans physicochimiques et microbiologiques.

D'autre part, et pour mettre en exergue l'acceptabilité des produits par le jury, les résultats sont présentés sous forme d'histogrammes et présentés en figure 6.

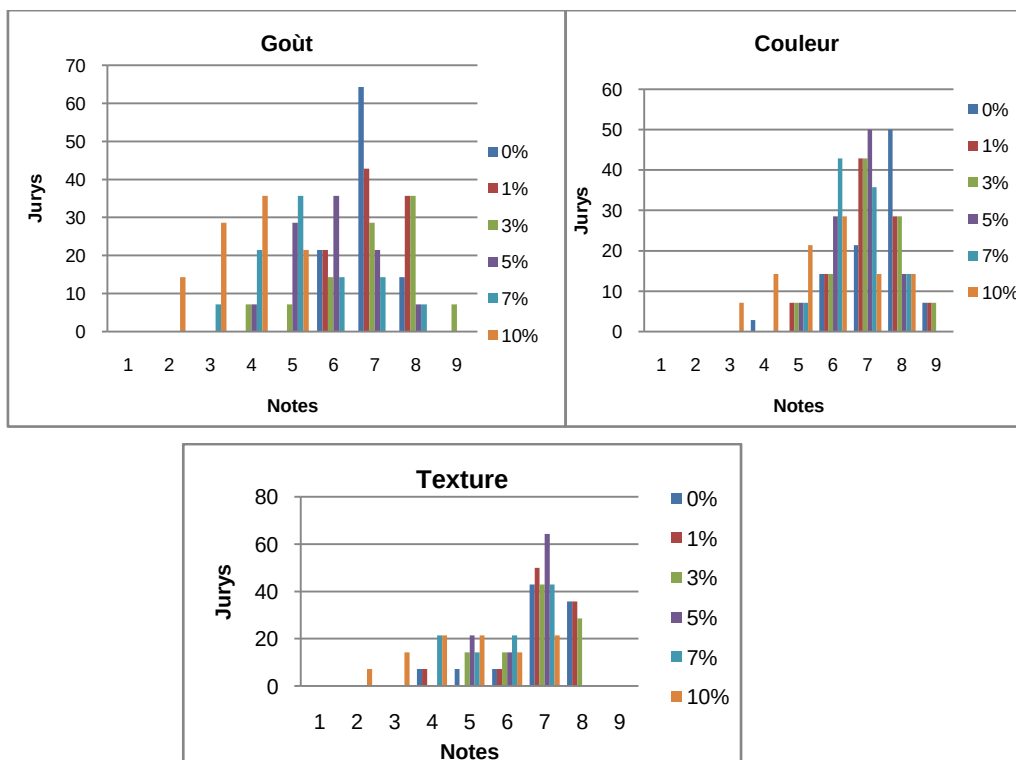


Figure 6. Résultats du test sensoriel.

De façon générale, les produits enrichis ont des profils comparables au témoin et sont au moins agréablement appréciés par le jury d'évaluation.

2. 2 . Analyses physico-chimiques

2. 2. 1. Sucres totaux

La teneur en sucres totaux contenus dans les chocolats élaborés est montrée dans la figure 7

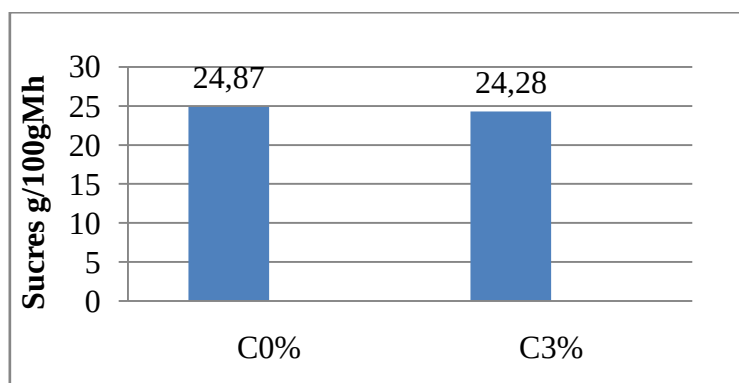


Figure 7. Teneur en sucres totaux contenus dans les chocolats élaborés
(C0 % : chocolat à 0% de poudre de glands, C3% : chocolat à 3% de poudre).

Selon la figure 7, le chocolat élaboré sans enrichissement a un taux de sucres de 24,87g/100gMh, valeur légèrement supérieure à celle correspondant aux sucres du chocolat enrichi. De ce fait, l'ajout de 3% de poudre a provoqué une légère diminution du taux de sucre contenu dans le chocolat. Ceci peut revenir au taux faible des sucres totaux dans la poudre de glands de chêne, celle-ci, rappelons-nous en contient 10,62g/100gMh

2. 2 .2. Matières grasses

Les résultats de la quantification des matières grasses du chocolat avant et après son enrichissement sont présentés dans la figure 8.

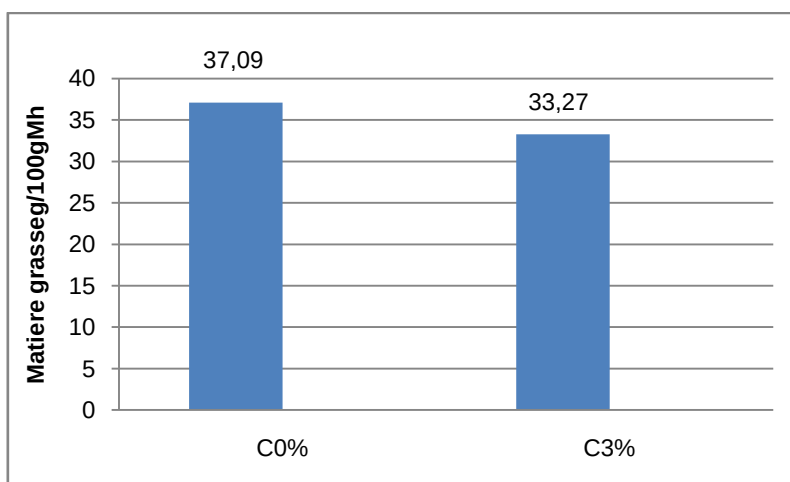


Figure 8: Quantité en matières grasses avant et après enrichissement du chocolat

(C0 % : chocolat à 0% de poudre de glands, C3% : chocolat à 3% de poudre).

D'après la figure 8, le chocolat enrichi possède une teneur en matières grasses de 33,27g/100gMh, valeur semble faible à celle (37,09g/100gMh) caractérisant le chocolat non enrichi. Une diminution significative de la quantité des matières grasses a été alors engendrée après l'incorporation de la poudre dans la masse du chocolat.

Ceci est dû évidemment à la faible quantité (7,17g/100gMh) des matières grasses contenues dans la poudre des glands de chêne comme montré précédemment dans la partie caractérisation de la matière première.

2. 2. 3. Viscosité

Les résultats de la viscosité de chocolat avant et après enrichissement sont montrés dans la figure 9.

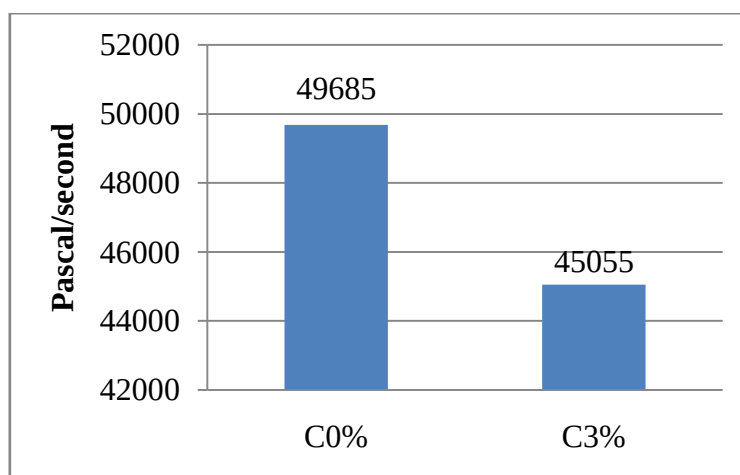


Figure 9: Viscosité avant et après enrichissement du chocolat

(C0 % : chocolat à 0% de poudre de glands, C3% : chocolat à 3% de poudre)

Exprimées en pascal/second, les valeurs de la viscosité mesurées nous indiquent que le chocolat à 3% poudre de glands vert est moins visqueux que celui de la proportion de 0%. L'ajout de la poudre a provoqué une diminution remarquable de la viscosité du chocolat.

La diminution de la viscosité après l'essai de l'enrichissement peut être traduite par la richesse de la poudre de glands en amidon. Selon la littérature, les glands de chêne vert peuvent en contenir jusqu'à 45,57g/100gMs.

2.3. Analyses microbiologiques

Les résultats relatifs aux analyses microbiologiques sont regroupés au tableau 5.

Tableau 5 Qualité microbiologique des produits élaborés.

Germe recherchés	Démembrement	Limite microbiologique
Entérobactérie	Absence	entre 200 et 300 germes /g
Staphylococcus aureus	Absence	entre 200 et 300 germes /g
Germes aérobies à 30°C	100 germes/g	entre 300 et 400 germes /g
Levures et moisissures	Absence	entre 100 et 200 germes /g

D'après le tableau 5 les analyses microbiologiques effectuées sur le produit fini ont révélées à l'absence totale d'Entérobactéries, de Staphylococcus aureus, et de levures et moisissures, sauf l'apparition de quelques germes aérobies à 30°C (100germes/g) mais qui reste toujours inférieure à la limite microbiologique selon le **Journal officiel N°39 (2017)**.

Donc on peut conclure que notre produit est de bonne qualité hygiénique.

Conclusion

La présente étude consiste essentiellement à l'élaboration et la caractérisation, sur les plans sensoriel, physicochimique et microbiologique, d'un aliment fonctionnel préparé par l'incorporation de la poudre de glands de chêne vert (*Quercus ilex* L.) dans la masse d'un chocolat noir.

Les résultats obtenus ont révélé que :

➤ La caractérisation de la poudre de glands de chêne a montré que cette dernière est une source non négligeable de matières grasses (1,17g/100gMh), de sucres (10,62 g/ 100 g et d'acides organiques (56g/100g Mh), bien qu'elle ait présentés des valeurs significativement faibles par rapport à celles rapportées dans la littérature.

➤ Le test sensoriel a révélé que, l'ajout de la poudre n'a pas d'effet significatif sur la couleur et la texture du chocolat enrichi et que l'addition de la poudre en de-là de 3%, le goût du chocolat devient moins appréciable par rapport au témoin (0%) : la formulation dont la proportion est de 3% de poudre semble la plus appréciée.

➤ D'une manière générale, les produits enrichis sont au moins agréablement appréciés par le jury d'évaluation.

➤ Selon les analyses physico-chimiques des produits finis, les propriétés chimiques de la poudre incorporée ont notablement impacté la qualité du chocolat préparé : l'ajout de 3% de poudre a engendré une baisse significative dans le taux de sucres, et matières grasses et la viscosité.

➤ Etant enrichi avec la poudre de glands de chêne vert qui se caractérise par un ensemble de vertus, le chocolat élaborée pourrait constituer un aliment fonctionnel capable de véhiculer certaines propriétés thérapeutiques et nutritionnelles ; la déconcentration en sucres et en matières grasses provoquée par l'essai d'incorporation pourrait être une sorte de protection contre l'augmentation du glucose et du cholestérol dans le sang, traduit par un index glycémique et insulinaire faible associé, rappelons-nous, à la poudre de chêne vert.

➤ Selon les analyses microbiologiques, les produits finis sont de bonne qualité hygiénique.

En terme de perspectives, il serait intéressant de compléter cette étude, notamment, par :

- Approfondir la recherche en élargissant la détermination d'autres paramètres physicochimiques pour mieux caractériser et évaluer l'effet de l'incorporation sur le produit fini ;

- Vérifier les propriétés fonctionnelles susceptibles d'être associées au produit enrichi à travers des essais *in vivo* ou cliniques ;

- Elaboration de la formulation de la présente étude à l'échelle pilote .

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Arar A et al , 2016. Essais d'élaboration de yaourts brassés à base de confiture de datte, de sirop de datte et de confiture de gland de chêne vert; Thèse de Master en génie des procédés alimentaire M'Hamed Bougera Boumerdes

Bouderoua K, 1995, Caractéristique biochimique et aptitudes nutritionnelles des glands de chêne

vert et de chêne liège en alimentation des poulets de chair ; Thèse de Magistère en science agronomie l'INA Alger..

Boudouhi R , all 2005 2006, Aliments Fonctionnels Réalité et/ou Allégation projet

Belkhouja N, 2014, Contribution L'étude de régénération naturelle de peuplement de chêne dans la forêt d'ifri ; Mémoire de Master écologie et conservation de la biodiversité , université Abou Bekr Blkaid Tlemcen

Décret n°2-06-517, 2009), portant réglementation de la production et du commerce du cacao, chocolat et de leurs produits destinés à la consommation humaine.

François L, Philippe L, 1999. L'oeuf et les ovoproduits. Technique de l'ingénieur.

Journal officiel de la République Algérienne N° 39, 2017

Juliette Pouyat, 2014, Le gland, fruit du chêne, bientôt de retour dans nos assiettes

Kicher H, AL 2016, Valorisation des sous produits de caroube *Ceratonia siliqua*; Thèse de Master en sciences alimentaire Université A. MIRA - Bejaia

MARKAL, 2011, Site internet markal.fr: [www](http://www.markal.fr). e-mail : markal@markal.