

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
PARTIE 1 : GENERALITES ET CADRE CONCEPTUEL DE L'ETUDE	2
1. Cadre conceptuel de l'Etude	2
2. Etats de connaissances sur le poivre	4
Conclusion partielle 1.....	9
PARTIE 2 : MATERIELS ET METHODOLOGIE DE RECHERCHE	10
1. Matériels de recherche	10
2. Méthodologie de recherche.....	10
Conclusion partielle 2.....	11
PARTIE 3 : LES DIFFERENTES METHODES DE CONSERVATION DU POIVRE VERT	12
1. Etapes préliminaires.....	12
2. Le saumurage	13
3. La lyophilisation	18
4. Déshydratation par friture sous vide	22
5. Etude comparative des trois procédés de conservation du poivre vert	28
6. Quelques recommandations	28
Conclusion partielle 3.....	29
CONCLUSION	30
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	31
ANNEXES	36

LISTE DES FIGURES

Figure 1: <i>Piper nigrum</i>	5
Figure 2: Couverture en poivrier de Madagascar	7
Figure 3: Diagramme du pré-saumurage au niveau des collecteurs-conditionneurs	15
Figure 4: Lyophilisateur.....	19
Figure 5: Traitement par lyophilisation du poivre vert	19
Figure 7 : Pilote de friteuse sous vide.....	24
Figure 8 : Procédés de friture sous vide – déshydratation	25

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Poivres exportés par Madagascar en quantité (tonne) et en valeur (milliers de dollar américain)	2
Tableau 2: Systématique du poivre.....	5
Tableau 3 : Les différents processus de saumurage	14
Tableau 4: Composition physico- chimique du poivre vert en saumure	16
Tableau 5: Propriétés organoleptiques du poivre vert en saumure	17
Tableau 6: Composition physico- chimique du poivre vert lyophilisé.....	21
Tableau 7: Propriétés organoleptiques du poivre vert lyophilisé	21
Tableau 8: Paramètres d’essai de friture sous vide.....	26
Tableau 9: Composition physico-chimique du poivre vert déshydraté par friture sous vide.....	26
Tableau 10: Propriétés organoleptiques du poivre vert déshydraté par friture sous vide	27

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Morphologie du poivrier	36
Annexe 2 : Opérations de plantation du poivrier	37
Annexe 3 : Différentes sortes de poivre rencontrées sur le marché.....	39

LISTE DES ACRONYMES

AFD	Agence Française de Développement
DLC	Date Limite de Consommation
ESSA	Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques
FFEM	Fonds Français pour l'Environnement Mondial
GUIDE	GNSS Usage Innovation and Development of Excellence
INSTAT	Institut National de la STATistique
MAEP	Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche
SOPRAL	Société des Produits Alimentaires
UPDR	Unité Politique de Développement Rural

INTRODUCTION

Actuellement, la transformation et conservation des produits agricoles prennent de plus en plus de place à travers le monde. Le but étant la recherche continuelle de nouveaux produits ou la tendance à l'observation de la perfection du point de vue qualité.

Divers produits agricoles font l'objet de ces innovations parmi lesquels figurent les épices. Il en existe plusieurs, seulement, depuis le temps, le poivre figure parmi ceux qui ont le plus de potentiel. Qualifiée d' « épice de base de la planète », c'est d'ailleurs « l'épice la plus consommée au monde ». [19]

Du fait de cette grande particularité, est apparue l'idée de préserver les qualités organoleptiques et physico-chimiques du poivre afin que ce dernier garde des caractéristiques toujours plus proches de l'état frais même longtemps après la récolte.

Ainsi, bien que comme tous produits, le poivre est facilement un produit périssable, plusieurs traitements étudiés au préalable permettent de le conserver. Cependant, dans cette étude intitulée comparaison des différentes méthodes de conservation du poivre vert cas du saumurage, lyophilisation et déshydratation par friture sous vide, le but est de définir les traitements ayant le plus de capacité à maintenir les diverses propriétés du poivre vert à l'état frais ainsi que sa composition.

Pour ce faire, il sera abordé en première partie quelques généralités sur le poivre ainsi que le cadrage de l'étude. La seconde va se focaliser sur les divers matériels et méthodologie de recherche effectués afin de délimiter le sujet étudié. Et en dernière partie, sera développée les différentes méthodes de conservation du poivre vert et leurs impacts ainsi que les avantages et inconvénients de ces procédés.

PARTIE 1 : GENERALITES ET CADRE CONCEPTUEL DE L'ETUDE

1. Cadre conceptuel de l'Etude

1.1. Contexte

Le poivre est l'une des épices qui fait la spécificité de Madagascar. La Grande Ile, avec ses reliefs variés, un climat propice, offre les meilleures conditions pour la culture des poivres. Contrairement à d'autres origines, les poivres y sont cultivés de manière traditionnelle, sans engrais chimiques ni pesticides. De même que la cueillette et le triage se font manuellement. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle le poivre de Madagascar, en l'occurrence le poivre vert est qualifié comme un produit de référence, le meilleur. [33]

Malgré le fait que les exportations malgaches de poivres ne représentent que 0.5 % des exportations mondiales, il reste la 3^{ème} épice la plus exportée après la vanille et le girofle à Madagascar. Les exportations de poivre varient entre 1000 et 2000 tonnes selon les années et ne sont pas directement liées à la production nationale [23].

Le tableau ci-après donne un aperçu des exportations de poivre depuis l'année 2013 à 2015.

Tableau 1: Poivres exportés par Madagascar en quantité (tonne) et en valeur (milliers de dollar américain) [14]

Exportation par Madagascar	2013		2014		2015	
	V	Q	V	Q	V	Q
Poivre	5 405	1 399	10 816	2 034	11 705	1 929
Tous produits confondus	1 837 995		2 158 058		1 955 177	
Part poivre dans exportations totales (en %)	0,29		0,50		0,59	

En 2015, les principaux pays de destination du poivre malgache sont :

- France (14,1 % de la valeur totale du poivre exportée par M/car)
- Egypte (13,8 %)
- Singapour (13,2 %)
- Pakistan (13,1 %)
- Inde (10,5 %)
- Viet Nam (6,5 %)
- Emirats arabes unis (4,9 %)
- Belgique (4,6 %)
- Tunisie (4 %)
- Hong Kong, Chine (3,3 %)

1.2. Problématique et question de recherche.

Le poivre vert est un produit qui a fait l'image de Madagascar, que ce soit par sa couleur verte ou son arôme fruité et légèrement piquant qui fait son identité. Il est connu comme étant : « l'épice phare de la côte Est de la grande île » [32]. L'exploitation du poivre est un atout majeur pour l'économie nationale de Madagascar.

Mais maintenir la qualité d'un produit frais est un défi majeur pour l'industrie agroalimentaire. Dans le cas du poivre, cueilli au stade immature, jeune et frais, il est disponible dans cette forme pour un maximum de 2 jours après lequel on observe un brunissement et une fermentation. Sa grande périssabilité entraînant une perte de sa coloration, une fermentation, un développement de moisissures et une perte de fraîcheur.

La question scientifique à laquelle cette recherche se propose de répondre est donc : « Quelles sont les différentes méthodes de conservation du poivre vert permettant de maintenir les caractéristiques organoleptiques et physico-chimiques ainsi que la qualité nutritive plus proches du produit frais ? »

De cette question naît diverses hypothèses :

Hypothèse 1 : plusieurs traitements peuvent préserver dans l'ensemble les caractéristiques du poivre vert frais

Hypothèse 2 : chaque procédé présente une spécificité sur l'action qu'il apporte au produit.

Hypothèse 3 : il existe une certaine défaillance des méthodes qui fait que la conservation ne peut être optimale.

1.3. Les objectifs

1.3.1. Objectif général

L'objectif général est de comparer les différentes méthodes de conservation du poivre vert et d'en comprendre leurs avantages et inconvénients.

1.3.2. Objectifs spécifiques

De cet objectif général en découle trois objectifs spécifiques :

1. Décrire les méthodes de conservation du poivre vert les plus utilisées
2. Donner les caractéristiques organoleptiques et physicochimiques du poivre vert
3. Enoncer les avantages et inconvénients de chaque méthode de conservation

2. Etats de connaissances sur le poivre

2.1. Historique

2.1.1. Le poivre dans le monde

Le poivre est l'une des épices les plus anciennement connues, utilisée depuis au moins trois mille ans [4]. Il est également le plus largement commercialisé. Il a été une épice très chère au Moyen âge, on payait parfois avec du poivre d'où l'expression : "Payer en épice" qui deviendra "payer en espèce" [9].

La culture du poivrier est originaire de la côte-Ouest de l'Inde (côte de Malabar), dans l'état du Kerala, puis a gagné d'autres pays d'Asie du Sud-est, Madagascar et le Brésil.

2.1.2. Le poivre à Madagascar

À Madagascar, l'introduction du poivrier est récente et ne remonte guère au-delà des premières années du XXème siècle, cependant, elle n'a pas été suivie d'une extension de la culture. Les poivres vert, blanc, noir ou rouge proviennent tous du même grain de poivre récolté à divers stades de maturité. Ce n'est qu'en 1980 que le poivre a été cultivé de façon extensive à Madagascar, avec une densité moyenne qui oscille autour de 200 pieds à l'hectare. Actuellement selon les informations recueillies auprès du GUIDE, la superficie cultivée est autour de 4 600 hectares, et elle apporte une quantité de production en moyenne de 2 200 tonnes. [1]

2.2. Bio systématique

Le poivre est une épice obtenue à partir des baies du poivrier, des plantes de la famille des pipéracées. Les Pipéracées appartiennent à la classe des Dicotylédones. Il existe plusieurs genre mais seuls les fruits du *Piper nigrum* ont droit légalement à l'appellation de poivre.

La systématique du poivre est donnée dans le tableau suivant :

Tableau 2: Systématique du poivre [32]

Règne	<i>Plantae</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Ordre	<i>Piperales</i>
Famille	<i>Piperaceae</i>
Genre	<i>Piper</i>
Nom scientifique	<i>Piper nigrum</i> Linné
Nom vernaculaire	<i>Poivre</i>
Nom malgache	<i>Dipoavatra</i>

2.3. Morphologie

Le *Piper nigrum* L. se présente sous la forme d'une liane pérenne, à feuillage persistant, grimpant sur un tuteur et pouvant atteindre alors 10 m de hauteur (figure1).



Figure 1: *Piper nigrum*
(Source : RAZAFIMAMONJISON G. ; 2015)

Le poivrier est une plante à enracinement relativement peu profonde puisque la plus grande partie du système souterrain est comprise entre 30 et 60 cm de profondeur seulement. [13]

Les feuilles sont alternes, pétiolées et simples. A noter un dimorphisme foliaire entre les feuilles et les tiges, qui sont de forme régulière et de couleur foncée, et celles des rameaux, qui sont asymétrique par rapport à leur nervure principale et de teinte plus claire.

Les inflorescences oppositifoliées naissent exclusivement sur le bois plagiotrope, se présente comme un épi pendant, de 7 à 12 cm de longueur, portant sur son axe, en plusieurs spirales, 20 à 50 fleurs occupant chacun l'aisselle d'une bractée [15]. Il peut y avoir jusqu'à 150 fleurs par épi. La fleur, jaune-verdâtre, est dépourvue de périanthe.

Ces fleurs donnent des baies vertes virant au jaune puis au rouge au fur et à mesure que se développe sa maturation. Le fruit est une baie sessile, monosperme, sphérique de 4 à 8 mm de diamètre [13]. La graine renferme, sous ses téguments, un endoderme farineux dont le sommet est occupé par un albumen réduit enveloppant un très petit embryon. L'ensemble « fruit et graine » renferment trois substances principales : huiles essentielles, alcaloïdes, oléorésines qui confèrent au poivre ses propriétés gustatives et aromatiques [4].

2.4. Distribution de l'espèce

Les zones de cultures du poivre sont localisées principalement sur la côte Est, au Nord et au Nord-Ouest du pays. Le poivre cultivé dans la grande Ile proviendrait des graines commandées à Java en 1896. Sa première introduction fut faite en 1900 au jardin d'essai d'Ivoloina (Toamasina) [18].

Puis, pris plus d'ampleur dans l'Ile de Nosy Be et s'est étendue dans le bas Sambirano (Mahavavy). Egalement, elles se sont déployées sur les Iles de Nosy Komba et sur toute la côte orientale : de Vohémar à Farafangana. La région de Manakara connaît un développement de la culture du poivrier ; elle semble être moins favorable au développement des maladies de dépérissement du poivrier comme Farafangana également, qui ont sévi au Sambirano et Mananjary [11].

Un aperçu de la répartition de la culture de poivrier à Madagascar est donné par la figure 2 qui suit :



Figure 2: Couverture en poivrier de Madagascar

(Source : RAZAFIMAMONJISON G. ; 2015)

2.5. Ecologie

Le poivre est une plante de climat tropical humide. En effet, dans les pays chauds à pluviosités élevées et bien réparties, ses rendements sont plus intéressants. Il peut aussi être cultivé dans les régions à climat tropical sec nettement tranché dans le cas où cette sécheresse n'est pas prolongée. Il est connu que cette sécheresse favorise la maturation et le groupement des récoltes. Le poivrier demande donc des températures moyennes assez fortes en même temps qu'un degré hygrométrique élevé. Il craint les grands vents qui secouent les lianes et les détachent de leurs tuteurs. Bien qu'étant une liane (donc une plante scyaphille), le poivrier nécessite une insolation bien plus grande surtout pendant la saison fraîche. [17]

Le poivrier est généralement une plante de basse altitude. Cultivé au-dessus de Multiplication par bouturage consultation 300 à 400 m, il ne fructifie plus à Madagascar, alors qu'on peut le rencontrer jusqu'à 1000 m aux Indes et en Indochine [21]. Le poivrier a besoin de forte précipitation ($< 1600 \text{ mm}$) bien répartie dans l'année.

2.6. Sols convenables

Le poivrier nécessite un sol à structure physique favorable à la circulation de l'air et de l'eau. C'est une espèce qui craint l'asphyxie de son système racinaire. Si le sol est gorgé d'eau, malgré qu'il soit riche en éléments nutritifs indispensables au développement du poivre, surtout en potasse et azote, il ne conviendrait pas à sa culture. La surface du sol à cultiver doit donc se trouver à plus de 2 m de la nappe phréatique et il doit être meuble, frais et profonds. Ce sont le plus souvent, les pentes de collines qui conviennent le mieux à sa culture parce qu'elles se drainent bien plus facilement que les terrains de bas-fonds. Le poivre accepte une acidité du sol assez élevée et certains poivriers sont établis sur des sols dont le pH ne dépasse pas 5,5. [13]

2.7. Régénération de la plante

La multiplication du poivrier peut se faire par semis, marcottage, greffage ou bouturage, ce dernier étant le plus employé. Le semis n'est utilisé que lors d'une création de nouvelle espèce ou lors d'une introduction de la pipériculture en l'occurrence dans le cas d'une impossibilité de transport de bouture par avion. Le marcottage est rarement employé même si le poivrier peut être facilement marcotté. Le marcottage du bois orthotrope comme moyen de multiplication n'est pas fréquent sauf pour certaines variétés dans certains pays. Le greffage est aussi très peu employé. Il n'est adopté que pour pallier certaines maladies de racines auxquelles sont sujettes quelques très bonne variétés de poivriers par le choix comme porte greffe de formes résistantes choisies soit parmi des espèces sauvages robustes, soit parmi les plants issus de semis qui ont également réputation de rusticité. De ce fait, le bouturage est donc le procédé normal de propagation du poivrier.

2.8. Usage du poivre

Le poivre est surtout utilisé en cuisine pour rehausser le goût des mets. Le poivre est l'épice la plus communément employée et la plus appréciée pour les raisons qu'il est plus aromatique et moins piquant.

A dose modérée, il facilite la digestion en augmentant la production de salive. Il a une fonction diurétique ce qui aide notre corps à éliminer les toxines. [9]

Le poivre sert également à la fabrication de certains médicaments. Les Arabes s'en servaient contre les calculs de la vessie et des reins, et contre le rhumatisme. Il est bon pour adoucir la toux, pour chasser la fièvre et les maladies nerveuses. [23]

Il est également utilisé pour protéger les fourrures et les lainages contre les insectes, mais il est actuellement détrôné pour cet usage, par les insecticides synthétiques.

De même, grâce à son huile essentielle, il sert à préparer quelques parfums.

Le poivre en grain entre dans la composition des potions, tisanes et remèdes en tant que stomachiques, carminatifs, rubéfiants et révulsifs à usage externe. [18]

Conclusion partielle 1

Le poivre est une épice connue depuis plusieurs siècles en Inde puis, il s'est étendu sur d'autres pays. *Piper nigrum* est le seul agréé comme poivre officiellement. Introduit depuis le siècle dernier à Madagascar, il se cultive surtout sur la côte Est au Nord et au Nord-Ouest. Le poivre vert est ce qui fait la renommée du pays du fait de sa couleur verte son arôme fruité et légèrement piquant.

Afin de déterminer les particularités qui définissent le poivre vert, il est indispensable de procéder à une certaine méthodologie de recherche. Ainsi, quelles en sont donc les différentes étapes ?

PARTIE 2 : MATERIELS ET METHODOLOGIE DE RECHERCHE

1. Matériels de recherche

1.1. Littérature relative à l'historique du poivre dans le monde

Avant toute étude d'un sujet, il est primordial de le définir dans le temps et dans l'espace. Ici, en vue de concevoir la filière poivre, connaître ses origines et sa répartition à travers le monde semble être nécessaire. Pour ce faire, différents écrits ont pu apporter diverses informations sur l'historique du poivre.

1.2. Littérature relative à l'historique du poivre à Madagascar

Comme, le présent document se rapporte plus à la filière poivre à Madagascar, il est opportun de se baser sur les écrits se rapportant sur l'introduction du poivre à Madagascar.

1.3. Littérature relative aux produits issus du poivre, procédés d'obtention, ses usages, et ses qualités

Ces écrits donnent un aperçu des particularités du poivre, une connaissance plus approfondie de la filière. Ainsi, il peut être déduit les différents produits issus du poivrier et leurs utilisations. Mais également le mode d'obtention de ces produits.

1.4. Littérature relative à la production et exportation du poivre à Madagascar

Comme tout produit agricole, la filière poivre à Madagascar présente une part importante dans l'économie du pays. De ce fait, la production ainsi que les exportations du poivre de Madagascar sont synthétisées par les différents organismes chargés de les vérifier et qui y sont en relation. Les rapports qui en dérivent et les ouvrages qui ont été écrits antérieurement sont ceux qui servent de support à la réalisation du présent document.

2. Méthodologie de recherche

2.1. Collecte des données

Une collecte des données a été effectuée dans le but d'obtenir les renseignements nécessaires à la rédaction du document à savoir des données obtenues à

partir des consultations de différents livres et ouvrages , des sites internet, et des informations issues de certaines institutions auxquelles nous avons procédé à diverses enquêtes.

De ce fait, ces données ont été recueillies en visitant des bibliothèques, en se documentant sur le web, et en interrogeant les personnels des institutions comme l'INSTAT et le Ministère du Commerce sur la thématique étudiée. Certains cours à l'ESSA nous ont aussi été d'une aide importante car ils nous ont servi de base afin de compléter les informations obtenues.

2.2. Traitement des données

Les données recueillies sont d'abord traitées afin de les organiser et planifier suivant les différentes hypothèses établies antérieurement afin d'en dégager quelles sont les grandes lignes du sujet.

2.3. Analyse des données classées

Ces données traitées sont ensuite analysées puis classées selon les catégories étudiées dans le document. Il est primordial de trier les données pour dégager les informations qui méritent d'être développées dans l'ouvrage. De cette analyse sont déduites l'importance et les limites du sujet et à cet effet, la problématique induisant une question de recherche, ce qui suscite une réflexion approfondie.

2.4. Synthèse et rédaction

Après analyse et réflexion, la synthèse se fait à partir de plan préalablement étudié et suivant les objectifs à atteindre en vue d'une bonne rédaction.

Conclusion partielle 2

Ainsi, la réalisation d'un ouvrage nécessite donc l'utilisation et la concertation de plusieurs écrits afin de se cadrer dans la thématique étudiée. A cet effet, différents procédés doivent être adoptés pour approfondir la connaissance sur le poivre vert.

La partie suivante se base sur une étude comparative des différents traitements de conservation du poivre vert mais donne également un aperçu du mode de conditionnement ainsi que l'utilisation du poivre vert conservé.

PARTIE 3 : LES DIFFERENTES METHODES DE CONSERVATION DU POIVRE VERT

Comme tous produits, le poivre après sa cueillette ne conserve pas indéfiniment ses caractéristiques. En effet, il est périssable et perd au fil du temps ses propriétés et tous ceux qui font sa qualité d'origine. De ce fait, il est alors primordial de le conserver en vue de maintenir ses différentes caractéristiques.

Il existe différentes méthodes en vue d'une bonne conservation du poivre vert. Cependant, avant tous traitements, il est indispensable de procéder à certaines préparations du produit depuis sa récolte

1. Etapes préliminaires [20]

1.1. Période de récolte

La grappe de poivre vert doit être récoltée quand les grains sont à l'état laiteux (vérification par pression entre les doigts). La récolte se déroule 4 à 5 mois après la floraison, ce qui correspond aux mois de mai et juin. La récolte des poivres verts doit toujours s'effectuer tôt le matin.

Les grains doivent être de couleur verte avec 3 mm de diamètre au minimum.

1.2. Les matériels de récolte

- Il faut utiliser des paniers propres non troués et des nattes bien propres.
- Bien soigner la mise en panier des grappes pour éviter leur écrasement.

1.3. Condition de transport

- Durant le transport, les paniers doivent être bien aérés
- Eviter l'écrasement entre les paniers
- Transporter le poivre possible à la station de conditionnement

1.4. Préparation du poivre vert avant tout traitement

En général, les grappes sont égrenées manuellement et les baies égrenées sont vannées pour éliminer les petites particules. Après égrenage et vannage manuel, les baies sont passées à la trieuse densimétrique dont le but est de séparer les grains qui seront traités (frais et de couleur verte) des matières étrangères ou déchets et des grains de très petite taille séparés selon leur densité. Cette opération est conduite suite à une

série de tests préliminaires réalisée antérieurement. Un triage manuel peut aussi substituer cette étape.

S'en suit une étape de lavage à grande eau, trempage dans de l'eau de javel à 2% pendant 5 minutes puis rinçage à l'eau courante. Le processus de triage et de lavage est indispensable car de là dépendent la qualité et l'hygiène des poivres verts à la fin de tout le traitement.

Il est nécessaire de conserver le poivre vert pour garder les grains vert et pour qu'ils soient tendres. Diverses méthodes ont été déjà étudiées, seulement, le saumurage, la lyophilisation et la déshydratation par friture sous vide restent les plus utilisées.

2. Le saumurage

2.1. Principe

Le saumurage consiste à immerger le produit dans une solution d'eau salée et d'acide citrique appelée saumure afin de garder un produit frais [38]. La saumure utilisée peut provenir de source naturellement salée ou par ajout de sel en fonction de la salinité de l'eau et du type de saumurage à effectuer.

La mise en saumure consiste à saturer la solution et l'environnement du poivre vert pour qu'il n'y ait plus d'échange et pour que les microorganismes ne puissent plus s'y développer. [36]

2.2. Matériels et méthodes

Le traitement par saumure peut se faire suivant différents processus que ce soit artisanal ou industriel. La méthode qui suit se base sur des procédés artisanaux déjà employés par les petits fabricants locaux.

2.2.1. Traitements post-récolte

Après la réception des produits, les grappes de poivre vert sont d'abord préparées avant d'être mis en saumure : [20]

- Egrenage : égrener les poivres et éviter de rayer l'enveloppe du grain avec l'ongle.
- Calibrage : calibrer avec un tamis à mailles de 3 mm de diamètre. Pour étaler les grains sur le tamis, il est préférable d'utiliser une brosse propre à poils très souples. Les poivres de petits calibres peuvent être distillés pour obtenir de l'huile essentielle.
- Triage : durant le triage, éliminer les grains tâchés, abîmés ainsi que les éventuelles impuretés.

- Nettoyage : tremper les grains dans de l'eau propre, éliminer les grains flottants et rincer les grains retenus à l'eau propre.
- Egouttage : éliminer l'eau de lavage au travers d'une étoffe ou tulle.

2.2.2. Préparation de la saumure

La saumure doit être préparée avant la réception ou avant le premier traitement du poivre vert. Cette préparation est résumée dans le tableau suivant :

Tableau 3 : Les différents processus de saumurage [20]

Désignation	Matériels	Méthodes
Saumure	Eau stérilisée (10 litres) + sel fin (1900g) + acide citrique (150 g) Récipients	Bien mélanger jusqu'à la complète dissolution
	Récipients Entonnoir Passeoire	Filtrer pour éliminer les particules en suspension
Saumurage	Balance (2 kg) Poivre vert égoutté Cubitainer transparent	Prélever du poivre vert Utiliser un cubitainer Le remplir à $\frac{3}{4}$ de son volume avec du poivre égoutté Compléter le restant avec la saumure préparée
Conditionnement (soit en cubitainer soit en boîte de conserve)	Cubitainer	Éliminer l'ancienne saumure Remplacer par une nouvelle saumure dont la préparation est identique à la précédente
	Boîte de conserve Eau Sel fin Acide citrique	Immergés dans une nouvelle saumure constituée de 10 l d'eau, 100 g de sel fin et 10 g d'acide citrique. Le tout est pasteurisé à 95° pendant 10 mn.

Le traitement du poivre vert par utilisation de saumure diffère pour chaque entité mais, cependant, il reste l'une des méthodes les plus employées. Le procédé adopté ici est celui des collecteurs-conditionneurs qui consiste à changer la solution de saumure trois fois avec un pourcentage massique de 54% de saumure et 46% de poivre vert frais. Ces collecteurs-conditionneurs achètent du poivre vert frais en grappe.

Avant le traitement, le produit doit être préparé au préalable c'est-à-dire trié puis lavé. Ce processus est essentiel et se fait comme suit:

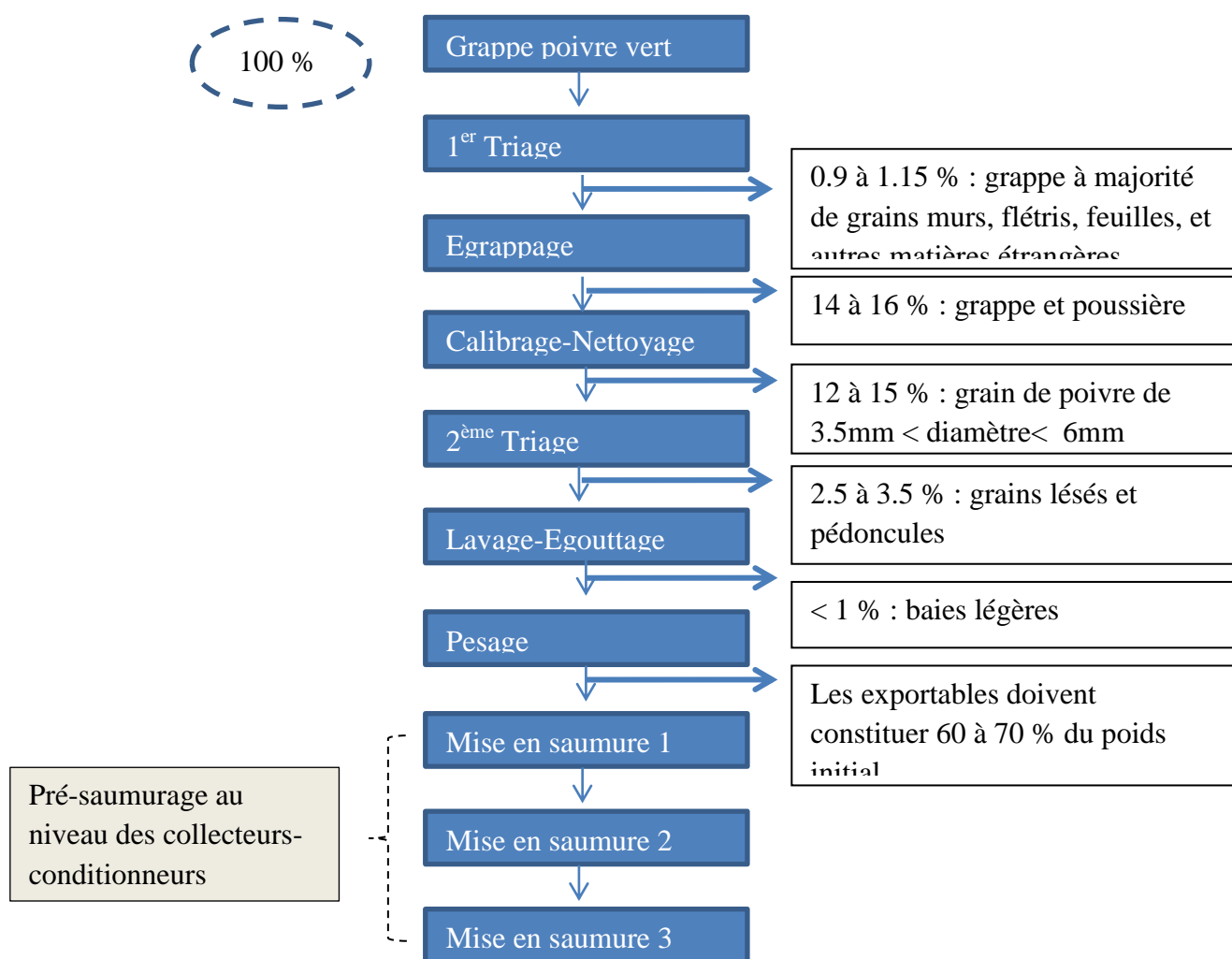


Figure 3: Diagramme du pré-saumurage au niveau des collecteurs-conditionneurs [4]

- Premier triage : consiste à enlever les grappes où il y a des grains mûrs, flétris et toutes matières étrangères.
- Egrappage : consiste à enlever les grains des grappes.

- Calibrage-Nettoyage : c'est une opération qui permet de séparer les grains selon leur calibre. Les grains destinés au saumurage sont de calibre 16.
- Deuxième triage : il permet d'enlever les grains qui ont subi une détérioration lors de l'égrappage ainsi que les pédoncules encore présents.
- Lavage-Egouttage : se fait 5 fois dans un grand bac. La troisième fois, le lavage se fait avec de l'eau chloré 0.2 %. Les baies légères qui flottent sont éliminées.
- Mise en saumure 1 : la solution n°1 est formée par de la saumure à 15% de sel et 0.2% d'acide citrique pendant 14 jours.
- Mise en saumure 2 : saumure à 10% de sel et 0.2% d'acide citrique pendant 8 jours.
- Mise en saumure 3 : saumure à 10% de sel et 0.2% d'acide citrique qui sera la solution finale de conservation. [3]

2.3. Caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques du produit fini [19]

La qualité d'un produit peut être définie par rapport à sa spécificité d'un point de vue nutritionnel, gustatif, visuel, symbolique ou par rapport à son mode de production [2]. Ces caractéristiques définissent un produit et le démarque, la raison pour laquelle il est nécessaire de le traiter en vue de conserver ces qualités. Les différentes étapes de conservation peuvent avoir des effets sur la qualité du poivre vert à la fin du traitement. Ainsi, il est indispensable d'étudier la composition physico chimique et organoleptique du produit obtenu en vue de déterminer jusqu'à quel degré la qualité a été préservée.

2.3.1. Caractéristiques physico-chimiques :

Le tableau suivant montre les différentes compositions du poivre vert à la fin du processus de saumurage :

Tableau 4: Composition physico- chimique du poivre vert en saumure [19]

Désignation	Caractéristiques
Teneur en eau	80 – 85 %
Acidité	0.14 %
Salinité (NaCl)	2.56 %
Teneur en pipérine	2.44 – 3.96 %

Les principaux paramètres retenus ici sont l'acidité, la salinité et la teneur en eau car cette méthode consiste principalement à une immersion du poivre vert frais dans de l'eau salé et de l'acide citrique d'où le taux assez élevé.

La pipérine étant le composant essentiel du poivre vert car responsable de l'âcreté, elle a ici un taux important. Le saumurage semble conserver la pipérine du poivre vert frais.

2.3.2. Caractéristiques organoleptiques :

La conservation d'un aliment vise à le maintenir autant que possible dans le même état en vue d'une bonne valeur nutritionnelle et de qualité organoleptique [38]. Les caractéristiques organoleptiques du poivre vert en saumure sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 5: Propriétés organoleptiques du poivre vert en saumure [19]

Désignation	Caractéristiques
Diamètre	3 – 6 mm
Couleur	Vert plus ou moins foncé
Goût	Acidulé épicé
Saveur	Piquante légère
Parfum	Luxuriant et fruité [10]

Les grains obtenus remplissent les normes requissent ayant tous un diamètre au-delà de 3 mm. Par contre, il y a une légère défaillance au niveau de la couleur car cette dernière tend à être vert plus ou moins foncé. Ceci peut être dû à un brunissement provoqué par certaines enzymes lors de la conservation. La saveur quant à elle est parfaitement conservée.

2.4. Avantages et inconvénients du saumurage

2.4.1. Avantages

- La technique de saumure permet donc une très bonne conservation des qualités organoleptiques du poivre vert.
- Son parfum est plus riche, plus luxuriant et fruité, car le jeune grain vert contient encore toutes les huiles essentielles [10].
- Une fois réhydraté ce poivre retrouve l'aspect et les caractéristiques du poivre frais. Il n'a pratiquement pas d'odeur.

- Son goût est frais, très végétal avec un piquant très élégant. « Le goût du poivre vert est certes épicé, mais moins « ardent » que le noir » [1]

2.4.2. Inconvénients

- Même en saumure, le poivre vert doit être gardé au réfrigérateur. [27]
- La couleur du poivre vert en saumure est modifiée au niveau de la clarté.

3. La lyophilisation

3.1. Définition

La lyophilisation est un procédé de déshydratation dans lequel l'eau de l'aliment est transformée en glace par congélation et ensuite sublimée par chauffage sous très basse pression [16]. Ainsi, il consiste donc à éliminer progressivement l'eau du poivre vert frais préalablement congelé par sublimation. La sublimation étant le passage d'un élément de l'état solide à l'état gazeux directement sans passer par l'état liquide [37].

Ce qui distingue pratiquement ce procédé de la déshydratation, plus connue et accessible, est seulement l'étape froide de la congélation-sublimation. L'eau du produit initialement congelé est sublimée en vapeur d'eau sous l'effet du vide puis l'aliment est séché à froid. Les froids assez intense, qui voisinent 70°C au-dessus de zéro, ont l'énorme avantage d'arrêter immédiatement toute fermentation, toute action enzymatique, de conserver en un mot les produits qui y sont soumis dans l'état physiologique exact qu'ils possédaient au moment de la congélation [22].

3.2. Matériels et méthodes

Généralement, les grains de poivre vert frais sont mis en saumure à Madagascar puis transportés jusqu'en Europe pour subir une lyophilisation (déshydratation et congélation, par le vide). [5]

La lyophilisation appelée cryodessiccation se fait à travers un lyophilisateur qui est dispositif composé de 3 principales composantes. : [12]

- Un système de chauffage représenté par des plaques métalliques qui assurent le contrôle de la température à l'intérieur de l'échantillon ;
- Une pompe pour assurer le vide à l'intérieur de l'enceinte étanche et
- Un condenseur qui constitue le piège pour la vapeur éliminée.

La figure suivante donne un aperçu d'un lyophilisateur :



Figure 4: Lyophilisateur

(Source : <https://www.google.mg>)

3.3. Principes de lyophilisation :

Le poivre vert à lyophiliser est placé entre les deux plaques métalliques après leurs préparations initiaux post-récolte (voir PARTIE 3 ; 1 ; 1.4). Le transfert de chaleur se fait par rayonnement (plaque supérieure) et par conduction (plaque inférieure). Pour le transfert de matière, il se fait par sublimation de la glace (pendant la première phase de la lyophilisation) et par désorption de la vapeur (pendant la deuxième phase de la lyophilisation). Sous l'effet du vide, la vapeur quitte la matrice et se trouve ainsi piégée au niveau du condenseur [12].

La lyophilisation se fait donc en trois étapes. Le diagramme suivant montre les différents processus suivit par le poivre vert jusqu'à sa lyophilisation :

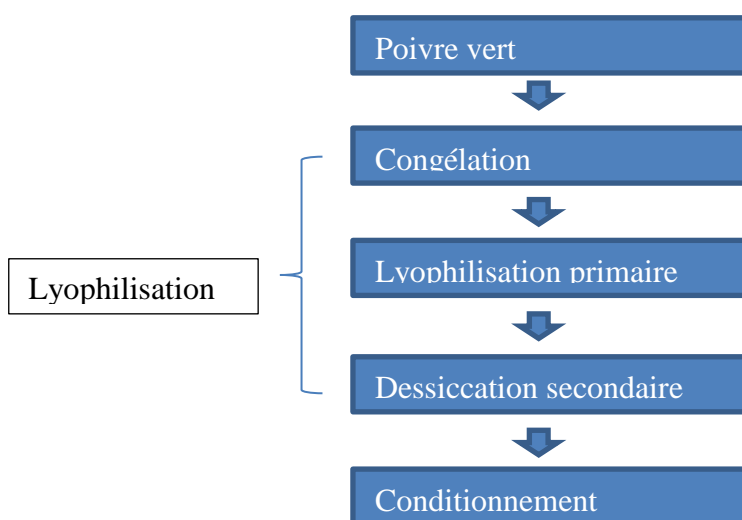


Figure 5: Traitement par lyophilisation du poivre vert [8]

3.3.1. La congélation

Le poivre est congelé à -20°C et l'eau qu'il contient se transforme en cristaux de glace.

3.3.2. La sublimation ou lyophilisation primaire

La sublimation de la glace ne peut se faire que sous la pression partielle de la vapeur dans l'enceinte de lyophilisation inférieure à la tension de vapeur au-dessus du produit. Dans la cuve de lyophilisation, aux pressions utilisées, la mise sous vide permet d'atteindre ce résultat, c'est-à-dire procédé à un abaissement de la pression tout en maintenant la pression totale dans l'enceinte toujours inférieure à la pression partielle de la vapeur d'eau au-dessus du produit congelé. Lors de la sublimation, il est nécessaire de maintenir la température de lyophilisation la plus haute possible tout en prenant soin d'éviter d'atteindre le point triple de la matière (température à laquelle la matière se compose des trois états, liquide solide et gazeux). [8]

Cependant, le vide n'est pas absolument nécessaire. Une sublimation à la pression atmosphérique, par un balayage au-dessus du produit d'un gaz déshydraté, dans lequel la pression partielle de l'eau est donc très faible peut se faire. Il suffit de faire descendre la pression partielle de vapeur d'eau au-dessus du point triple de l'eau. Ainsi pour que la glace passe directement de la phase solide à la phase vapeur ; il faut que la pression soit inférieure à 5 mm de Hg et la température inférieure à 0°C . [24]

Dès la disparition des derniers cristaux de glace, la température du produit s'élève très rapidement il est donc nécessaire de réduire l'apport calorifique véhiculer lors de la diminution de pression pour éviter de dénaturer le produit en conservant une température inférieure à son point critique.

3.3.3. La dessiccation secondaire ou séchage [24]

A la fin de la phase de sublimation, toute la glace a disparu, la température s'élève spontanément une fois que toute l'eau a été sublimée. Le produit n'est pas sec pour autant. Le poivre entre alors dans une période de désorption qui consiste à enlever de celui-ci les dernières traces de vapeur d'eau et une partie de l'eau liée au produit : il s'agit de la dessiccation secondaire dont le but est d'obtenir, dans le produit lyophilisé, l'humidité résiduelle désirée. L'eau liée incongelable s'évapore, et le produit est tiède.

Enfin, on casse le vide pour récupérer un produit très friable, en atmosphère très sèche, et le conditionner immédiatement dans un emballage étanche à l'air et à la vapeur d'eau.

3.4. Caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques du produit fini [19]

3.4.1. Caractéristiques physico-chimiques :

Les caractéristiques physico-chimiques du poivre vert lyophilisé sont données par le tableau suivant :

Tableau 6: Composition physico- chimique du poivre vert lyophilisé [19]

Désignation	Caractéristiques
Teneur en eau	< 10 %
Teneur en pipérine	1 – 3.5 %

Comme la lyophilisation est une technique de séchage, elle vise à réduire l'eau dans le poivre vert pour mieux la conserver, d'où le taux inférieur à 10 %. Cependant, selon l'échantillon utilisé et les conditions de réalisation de la méthode, la teneur en pipérine peut varier et atteindre un taux élevé.

3.4.2. Caractéristiques organoleptiques :

Le poivre vert frais présente des caractéristiques organoleptiques qui lui sont propres et qui le décrivent. Une fois lyophilisé, les caractéristiques obtenues sont synthétisées par le tableau ci-après :

Tableau 7: Propriétés organoleptiques du poivre vert lyophilisé [19]

Désignation	Caractéristiques
Forme	Arrondi
Couleur	Vert clair
Goût	Piquant

La lyophilisation permet d'obtenir des qualités organoleptiques proches du frais. La couleur vert clair étant acceptable car elle se rapproche visuellement de la couleur initiale. Le goût n'étant pas moins déformé malgré qu'il soit légèrement renforcé.

3.5. Avantages et inconvénients de la lyophilisation

3.5.1. Avantages

- A l'œil les grains gardent leurs belles apparences toute en rondeur, au goût on est très proche des notes de fraîcheur du poivre frais. [34]
- Le principal avantage de cette technique est la qualité supérieure du produit fini.
- La lyophilisation permet de conserver plus longtemps toutes les qualités organoleptiques du poivre vert par rapport à un poivre séché. [35]
- Parmi les méthodes de séchage modernes, la lyophilisation est un procédé de déshydratation à température suffisamment basse qui offre des produits déshydratés de haute qualité et permet une meilleure consommation des constituants de base des produits [26]. L'extraction de l'eau du produit à travers la lyophilisation n'influe en rien à la forme ni à la composition des cellules constitutives.
- C'est encore aujourd'hui la seule possibilité pour préserver les produits instables et thermosensibles. [25]
- Du point de vue qualité, il est primordial de chauffer aussi peu que possible les produits et de ne pas prolonger le traitement thermique si l'on ne veut pas avoir d'altérations de goût, d'apparence et de couleur [22]. C'est effectivement, ce que la lyophilisation évite.
- Permet et facilite la conservation des produits traités durant plusieurs mois, voire plusieurs années.
- Le poivre vert lyophilisé présente l'avantage de pouvoir être conservé au sec.

3.5.2. Inconvénients

- C'est un procédé complexe et exigeant qui coûte cher et qui est réservé aux produits à haute valeur ajoutée.
- La lyophilisation ne stérilise pas les produits

4. Déshydratation par friture sous vide

Comme pour le saumurage, avant de procéder à la friture sous vide du poivre, il est d'abord nécessaire de le traiter au préalable. En effet, le poivre vert doit être lavé et trié pour assurer une meilleure hygiène du produit et garantir par ce fait sa qualité. Ce processus de triage-lavage se fait comme suit :

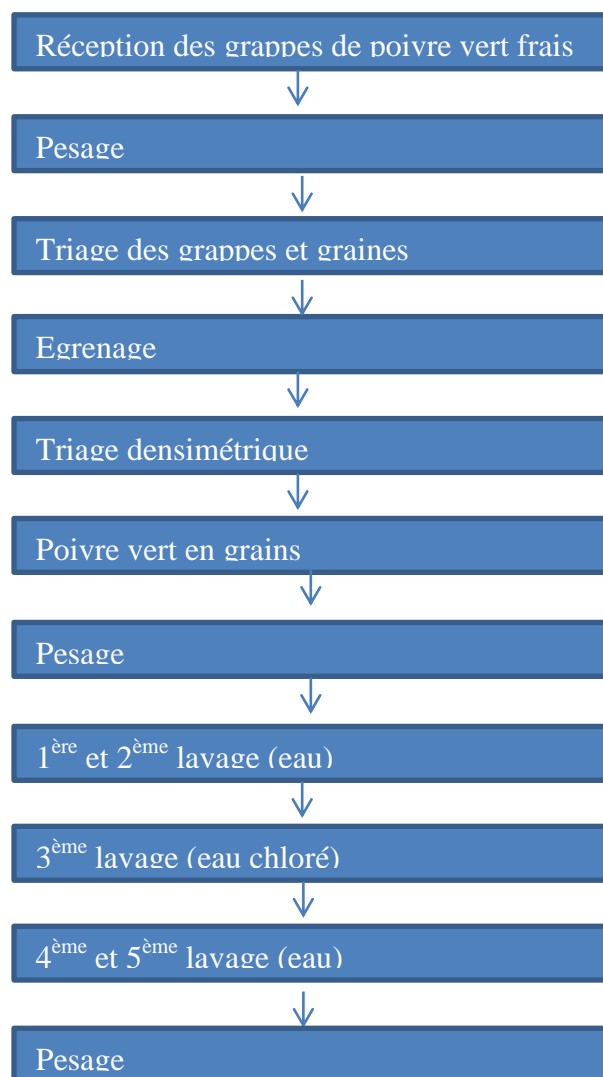


Figure 6: Procédés de triage et de lavage du poivre vert [3]

Avant d'entrer dans la trieuse densimétrique, les grappes sont d'abord égrenées. La trieuse sépare les graines qui seront traitées de tout corps étrangers et des graines légères. Puis, le produit subit une succession de lavage dont le troisième se fait avec de l'eau de javel à 2 % pendant 5 minutes. [3]

4.1. Principe [32]

La friture sous vide est un procédé qui consiste à cuire sous vide à basse température un aliment. En principe, il faut que le milieu de cuisson (l'huile) atteigne des températures de l'ordre de 170 à 180 °C. Ces températures provoquent l'oxydation des huiles et la perte de nombreux éléments nutritifs.

À basse pression, cependant, il est possible de frire à 100 °C. Cela prolonge la vie utile de l'huile et, plus important encore, garantit une rétention beaucoup plus importante des arômes et des éléments nutritifs du produit.

4.2. Matériels et méthodes

La friture sous vide se fait au moyen d'un appareil nommé friteuse sous vide constitué par un écran et un tableau muni de paramètres permettant de varier le couple température-temps qui conditionne la friture. Formé également d'un bac de friture ou cuve dans la paroi de laquelle un fluide circule grâce à une pompe de recirculation. Ce fluide chauffé par des résistances thermiques chauffe à son tour l'huile de friture qui n'est autre ici que l'huile de coton. [6]



Figure 6 : Pilote de friteuse sous vide [6]

Le poivre vert est donc introduit dans le bac de friture une fois entrés les paramètres à vérifier. La pression sous vide du système étant de 5 bars. Au terme du traitement, le produit passe par une centrifugeuse pendant 120 s et est égoutté pour éliminer les restes d'huile. Puis, sécher à basse température afin d'enlever l'humidité résiduelle [6].

Ainsi, ce sont ces paramètres clés qui définissent le succès ou l'échec du procédé de conservation adopté. En effet, les caractéristiques du produit obtenu dépendent essentiellement de ces éléments. Les poivres verts frits qui se rapprocheront le plus des poivres verts frais seront retenus.

Les matériels utilisés sont donc : [3]

- Une balance
- Une friteuse sous vide
- Une moustiquaire : pour l'égouttage
- Une centrifugeuse
- Un récipient nécessaire pour déposer le produit lors du pesage
- Des claies pour déposer le produit à sécher
- Un séchoir déshumidificateur
- Un sac et une soudeuse pour le conditionnement

Le diagramme suivant montrera les procédés :

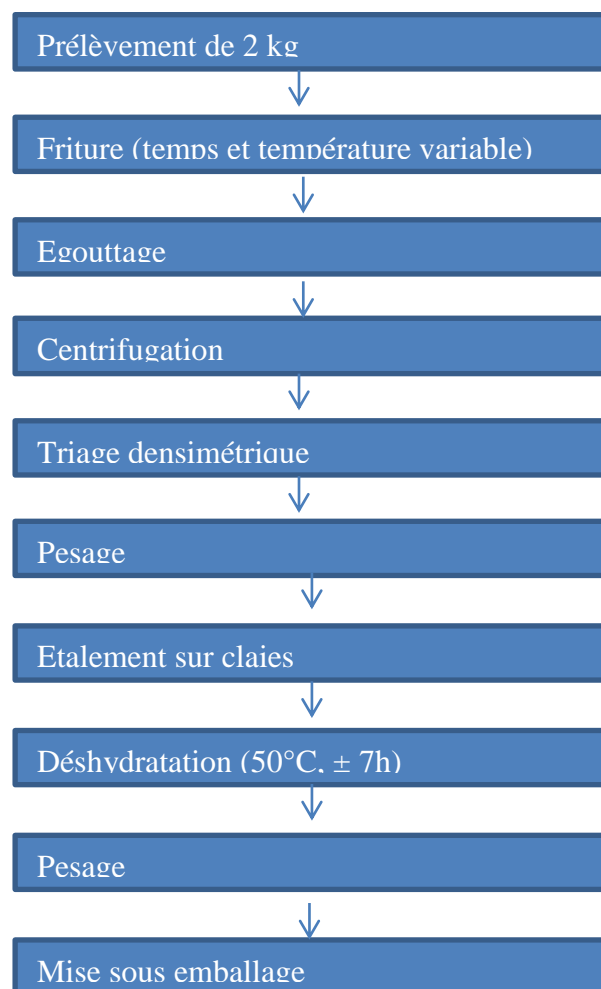


Figure 7 : Procédés de friture sous vide – déshydratation [3]

Le poids d'échantillon fixé à 2 kg s'explique par la capacité de la friteuse. Comme ce traitement dépend de plusieurs paramètres, en l'occurrence du couple température-temps, les résultats obtenus sont donc différents selon les paramètres

d'essai adoptés. Le résultat fournit ici est celui de la société SOPRAL lors d'une procédure de traitement du poivre vert frais par friture sous vide en vue d'une comparaison des produits obtenus.

Voici un tableau qui présentera ces différents paramètres et les résultats obtenus:

Tableau 8: Paramètres d'essai de friture sous vide [3]

Température de friture (°C)	Temps de friture (s)	Couleur	Teneur en pipérine
115	330	Noir verdâtre	-
115	700	Vert	-
125	330	Vert noirâtre	4.33
130	240	Vert	1.56
130	300	Vert	2.12
130	330	Vert	-

En se référant à la couleur, il est perçut que seul le premier paramètre n'est pas acceptable. Les autres se rapprochent tous du poivre vert frais même s'il existe une certaine différence avec le couple 125°C – 330 s au niveau de la clarté.

Pour la teneur en pipérine par contre, seul le paramètre 125°C – 330 s est supposé celui qui a le plus conservé les caractéristiques d'origine car c'est le seul couple possédant une teneur plus élevée.

4.3. Caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques du produit fini [19]

4.3.1. Caractéristiques physico-chimiques :

La déshydratation par friture sous vide du poivre vert donne les résultats du point de vue physico-chimique présentés dans le tableau suivant :

Tableau 9: Composition physico-chimique du poivre vert déshydraté par friture sous vide [19]

Désignation	Caractéristiques
Teneur en eau	4 – 7 %
Teneur en pipérine	1.7 – 3.5%

Comme la lyophilisation, c'est une méthode consistant à sécher le poivre vert d'où la faible teneur en eau du produit fini. Par contre, le taux de pipérine est plus ou moins élevé. Ceci semble être l'effet de la cuisson du poivre vert et dépend alors des paramètres considérés lors du traitement.

4.3.2. Caractéristiques organoleptiques :

A la suite de la déshydratation par friture sous vide, le poivre vert présente les caractéristiques organoleptiques données par le tableau ci-dessous :

Tableau 10: Propriétés organoleptiques du poivre vert déshydraté par friture sous vide [19]

Désignation	Caractéristiques
Forme	Arrondie
Diamètre	2 – 4mm
Goût	Agréable et croquant en bouche
Arôme	Epicé
Saveur	Piquante plus prononcée

L'ensemble des qualités organoleptique du poivre vert déshydraté par friture sous vide semble être conservé. La couleur est proche voire identique au produit à l'état frais. Seule, la saveur a été modifiée.

4.4. Avantages et inconvénients de la déshydratation par friture sous vide

4.4.1. Avantages

- Elimination des pertes caractéristiques sujettes au poivre vert, aucune dessiccation, moisissure ou brûlure de gel. [31]
- Diminution des pertes de produit
- Du point de vue économique, les poivres verts déshydraté par friture sous vide sont plus rentables du fait de leur DLC prolongée.
- Dans le vide, l'eau s'évapore à des températures plus basses, ce qui se traduit par une diminution des coûts énergétiques. [30]

- La température de friture, ainsi que le degré du vide, peuvent être réglés selon les exigences du produit telles que son aspect souhaité, sa dureté et sa teneur en graisse. [30]

4.4.2. Inconvénient

A la différence des autres épices, le poivre ne supporte pas d'être chauffé, il perd une partie de ses parfums à la cuisson. [9]

5. Etude comparative des trois procédés de conservation du poivre vert

En se référant aux différentes caractéristiques obtenues à la suite de chaque méthode, il peut être déduit que :

- Le poivre vert conservé dans une saumure est le plus intéressant d'un point de vue gustatif. Le saumurage semble être la méthode qui permet de préserver au plus la teneur en pipérine dans le poivre vert.
- Le poivre vert lyophilisé est surtout utilisé pour des raisons esthétiques. Lyophilisé, le produit offre une possibilité de stockage à long terme que pour les autres types de conservation, cependant, le coût est plus élevé alors que les autres techniques sont moins complexe et offre une assez grande rentabilité.
- Le poivre vert déshydraté par friture sous vide présente un goût moins agressif que le poivre vert lyophilisé mais plus que celui en saumure.
- En se basant sur la qualité organoleptique du produit fini, le poivre vert lyophilisé se rapproche le plus du poivre vert frais car la cryodessiccation n'entraîne aucune transformation importante. Par contre la conservation par friture sous vide influe sur certains constituants du poivre du fait du traitement thermique subi par le produit.

6. Quelques recommandations

Il est plus intéressant de conserver les poivres en grain car il est plus facile de :

- Vérifier la qualité et l'homogénéité des grains.
- Connaître sa provenance.
- Les parfums sont d'autant plus mieux conservés.

Pour le poivre vert en saumure : avant son utilisation, il est préférable de tremper les grains d'abord dans l'eau pour qu'ils retrouvent tous leurs arômes.

Au cours du traitement, lors des processus de conservation, plusieurs types de baies sont à écarter (fruits trop clairs ou attaqués par des insectes). Ces baies sont retirées de la chaîne de production et seront parfois utilisées pour produire de l'huile. Si c'est le cas, elles viendront rejoindre les baies de poivre noir sélectionnées à cet effet. [10]

Certes, il est connu que les épices ne peuvent être périmées, mais elles perdent de leurs saveurs au fil du temps. Ainsi, tout réside alors dans leurs méthodes de conservation : [28]

- Le poivre vert lyophilisé doit être conservé à l'abri de la lumière
- Le poivre vert en saumure et déshydraté par friture sous vide à l'abri de la lumière et de l'humidité

Après leur conditionnement, l'idéal pour stocker des épices, c'est un endroit sombre, voir obscur, de préférence sec et si possible assez frais. [28]

Du point de vue usage, le poivre vert qu'il soit lyophilisé, en saumure ou déshydraté par friture sous vide doit être utilisé modérément. Comme il stimule les sécrétions digestives et facilite donc la digestion (action très bénéfique dans certaines dyspepsies par insuffisance salivaire ou pancréatique) [29] il ne faut pas en abuser pour autant car il devient alors irritant.

Dans le cas où lors des traitements post récoltes, au moment du calibrage, il y a plus de poivres verts de petits calibres que nécessaire, ces poivres verts peuvent être distillés pour obtenir de l'huile essentielle. [20]

Conclusion partielle 3

Les différentes méthodes de conservation du poivre vert frais ont chacune leurs privilèges comme leurs inconvénients. Bien que d'autres traitements présentent plus de potentialités comme pour le cas de la lyophilisation du point de vue de la qualité organoleptique du produit obtenu, il n'empêche que les autres ont également leurs importances.

Chaque traitement conserve selon les méthodes adoptées certaines caractéristiques que d'autres perdent au cours du procédé et se rapproche de plus ou de moins de la qualité du poivre à l'état frais.

Outre la conservation, il n'est pas à négliger que le mode de conditionnement joue également un rôle important dans la pérennité du poivre vert obtenu car il permet une durée de stockage plus longue du produit.

CONCLUSION

Le poivre vert de Madagascar se spécifie par sa couleur verte caractéristique, son arôme fruité et son goût légèrement piquant. Ce qui attire inexorablement les consommateurs ainsi que les autres pays importateurs. En effet, il est considéré comme de qualité supérieure à travers le globe d'où faisant office de produit d'exportation potentiel.

Les qualités du poivre peuvent être liées à son mode de production ou transformation mais également sa composition. Elles sont par contre sujettes à des détériorations dans le cas où le produit n'est pas conservé en temps voulu et selon les normes requises. Plusieurs traitements peuvent être effectués pour maintenir cette qualité ; cependant, il a été constaté lors de cette étude qu'il existe trois méthodes donnant de meilleur résultat dans la préservation des caractéristiques le plus proche du poivre vert à l'état frais. Ce sont le saumurage, la lyophilisation et la déshydratation par friture sous vide.

Ces différents procédés ont chacun leurs caractères et les effets qu'ils induisent sur les poivres verts obtenus. Les résultats obtenus montrent que la lyophilisation présente un grand avantage en gardant pratiquement l'ensemble des qualités organoleptiques qui fait l'image du poivre vert, pourtant les autres méthodes ne sont pas des moindres car à chaque traitement, des caractères préservés.

Ainsi, l'adoption de telles ou telles méthodes devrait être conditionnée par l'usage ultérieur du poivre vert, donc sa destination mais aussi, suivant les demandes des consommateurs. A un caractère réclamé exige un traitement correspondant.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ABDY R.B. ; (2011) ; L'étude et la mise en place des stratégies de développement de la filière poivre : cas du pôle d'*Anjahambe* ; Mémoire pour l'obtention du diplôme de Maîtrise ès Sciences Economiques ; Département Economie ; Faculté de Droit, des Sciences Economiques, et de Gestion ; Université de Toamasina ; 125p

- [2] AFD, FFEM ; (2010) ; Indications géographiques : qualité des produits, environnement et cultures ; Savoirs communs n°9 ; 99p

- [3] ANDRIAMANANTENA M. ; (2014) ; Effet du traitement post-récolte du poivre vert sur la coloration et la teneur en pipérine : cas de la société CTHT-CTCP ; Rapport de Stage Technicien ; Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques ; Département des Industries Agricoles et Alimentaires ; Université d'Antananarivo ; 33p

- [4] ANDRIANTOMANGA L.Z. ; (2010) ; Etude des conditions d'émergence d'une certification en Indication Géographique sur le poivre vert de Madagascar ; Mémoire de fin d'études ; Département Industries Agricoles et Alimentaires ; ESSA ; Université d'Antananarivo ; Madagascar ; 131p

- [5] ANONYME ; (non daté) ; Poivre vert lyophilisé ; Fiche technique du poivre

- [6] ANONYME ; (non daté) ; Rapport d'étude sur le poivre vert

- [7] CHARLET M. ; (non daté) ; Les poivres du monde ; Fiche technique ; 6p

- [8] CRYONEXT ; (non daté) ; Aide à la lyophilisation, Compte rendu sur le cycle de lyophilisation ; 52p

- [9] DESCHAMPS F. ; (non daté) ; Passion poivre, A la découverte du poivre ; Rapport d'étude ; 23p

- [10] GLOANEC C., BOITA R., JAHIEL M., PORPHYRE V., TECHER K. et WEIL M. ; (2011) ; Valorisation des filières épices à Madagascar : Potentiel et conditions d'émergence d'Indications Géographiques IG sur les filières poivre et girofle de Madagascar ; Rapport de Mission ; QualiREG ; 138p
- [11] MAEP, UPDR - OCEAN ; (2004) ; Filières plantes à épices ; Fiche n°110 ; 10p
- [12] MAHACINE A. ; (2007) ; Apport du procédé de lyophilisation sur la qualité des fraises marocaines ; Compte rendu ; Département de Génie chimique, Faculté des sciences et techniques, Maroc ; 10p
- [13] MAISTRE J. ; (1964) ; Les plantes à Epices ; Techniques Agricoles et Productions Tropicales ; Collection COSTE René. ; G.-P. Maisonneuve et Larose, Paris ; 3^{ème} Ed ; 266p
- [14] MINISTERE DU COMMERCE ; (2016) ; Fiche produit poivre ; *Trademap de l'ITC Genève*.
- [15] RABEMANANTSOA RASOARIMANANA Y.A. ; (1982) ; Contribution à l'étude des Huiles Essentielles de *Piper nigrum*, *Piper borbonense*, *Schinus térébenthifolius* ; Mémoire de Fin d'études ; Département Industries Agricoles et Alimentaires ; ESSA ; Université d'Antananarivo ; 134p
- [16] RAJAONARISON N.S. ; (2011) ; Lyophilisation et Etuvage, Caractéristiques Nutritionnelles et Organoleptiques de plats à base de légumes feuilles séchés ; Mémoire pour l'obtention du diplôme d'études approfondies de sciences de la vie ; Option : biochimie (biochimie appliquée aux sciences de l'alimentation et à la nutrition) ; Département de biochimie fondamentale et appliquée ; Faculté des Sciences ; Université d'Antananarivo ; 65p
- [17] RAMAMONJISOA D. ; (1978) ; Travaux de Recherche sur le poivrier ; Bilan 1975-78 ; CENRADERU.

- [18] RASOAMANANA M.S.N. ; (1989) ; Une Etude sur la mise au point des techniques nécessaires pour la conservation du poivre vert ; Mémoire de Fin d'Etudes ; Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Département des Industries Agricoles et Alimentaires ; 95p
- [19] RAZAFIMAMONJISON G., JAHIEL M., FAWBUSH F., et DANTHU P. ; (2015) ; Fiche technique sur le Poivre vert de Madagascar
- [20] REPUBLIQUE DE MADAGASCAR, UNION EUROPEENNE ; (2002) ; Manuel de vulgarisation de la préparation du poivre ; Collection Union Européenne-Ressources STABEX ; 62p
- [21] REPUBLIQUE FRANÇAISE, MINISTERE DE LA COOPERATION ; (1980) ; Le poivre ; Mémento de l'Agronome ; Collection « Technique rurales en Afrique » ; 3^{ème} Ed. ; 596-602
- [22] REY L. ; (1960) ; Traité de Lyophilisation ; Hermann, Paris ; 411p
- [23] ROBERT M. ; (2011) Une Indication Géographique sur le poivre noir de Madagascar comme outil de développement territorial : intérêt et faisabilité de la démarche ; Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'Agro campus Ouest, centre d'Angers, Institut national d'Horticulture et de Paysage ; Spécialisation en Développement Agricole et Rural au Sud à l'Institut des Régions Chaudes, Montpellier Sup Agro-Option MOQUAS ; 119p
- [24] ROUX J.L. ; (1994) ; Conserver les aliments : comparaison des méthodes et des technologies ; Technique et Documentation – Lavoisier ; Paris ; 705p
- [25] SIERAKOVSKI D. ; (2008) ; La lyophilisation de formes injectables : hier – aujourd'hui – demain, Revue A3P Association, La Vague ; 4-5.

- [26] WOLFF E., GIBERT H. ; (1998) ; Développements Technologiques Nouveaux en Lyophilisation, Journal of Food Engineering ; 8 ; 91-108.

WEBOGRAPHIE

- [27] ANONYME ; A la rencontre du Poivre Vert ; vu le 20 Novembre 2016 à 17h19 sur www.edelices.fr
- [28] ANONYME. Comment conserver ses épices ; vu le 28 Octobre 2016 à 15h 45 sur www.ilesauxepices.com
- [29] ANONYME ; Conservation, Fiche conservation et recette de Conservation ; vu le 28 Octobre 2016 à 19h 23 sur www.supertoinette.com
- [30] ANONYME ; Friture sous vide ; vu le 14 Novembre 2016 à 19h 28 sur www.directindustry.fr
- [31] ANONYME ; Les avantages du sous vide ; vu le 20 Novembre 2016 à 18h 03 sur www.atout-sous-vide.fr
- [32] ANONYME ; Poivre, *Piper nigrum* ; vu le 28 Octobre 2016 à 17h 19 sur www.ctht.com
- [33] ANONYME ; Poivre vert ; vu le 08 Novembre 2016 à 07h 25 sur www.codal-madagascar.com
- [34] ANONYME ; Poivre vert lyophilisé ; vu le 14 Novembre 2016 à 19h 43 sur www.goutetnature.com
- [35] ANONYME ; Poivre vert lyophilise 25gr- terre exotique ; vu le 08 Novembre 2016 à 19h 37 sur www.maisonferrero.com
- [36] ANONYME ; Saumurage ; vu le 14 Novembre 2016 à 18h40 sur www.wikipédia.com

SUPPORT DE COURS

- [37] RAMAROSON J.B. ; (2016) ; Introduction à la Technologie Alimentaire ; cours de troisième année ; Département IAA ; Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques ; Université d'Antananarivo.

- [38] RAZAFIMAMONJISON G. ; (2016) ; Technologie des Produits Végétaux ; cours de troisième année ; Département IAA ; Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques ; Université d'Antananarivo.

ANNEXES

Annexe 1 : Morphologie du poivrier

La partie aérienne de la plante comprends trois sortes de bois :

- Les stolons : ils sont à la base de la plante et courent le long du sol.
- Les tiges orthotropes : constituent la charpente de plante. Elles sont axés verticalement et sont constituées par des entre nœuds de 7 à 10 cm de longueur et de 1 à 3 cm d'épaisseur. Ces tiges sont flexibles.
- Les rameaux plagiotropes : disposés de façon alternée sur le bois orthotrope. Ils portent eux-mêmes des feuilles alternes à l'aisselle desquelles naissent les bourgeons qui évoluent le moment voulu en branches fructifères.

Annexe 2 : Opérations de plantation du poivrier

Les opérations de plantation du poivrier devraient se dérouler de préférence au début de la saison des pluies. Une plantation dure en moyenne 10 à 25 ans selon l'entretien réalisé. La première récolte a lieu vers la troisième année après la plantation et la pleine production est atteinte à 5 ans.

- **Piquetage**

Le piquetage est de 2m sur la ligne et de 4 m entre les lignes. Pour les terrains en pente, le piquetage doit suivre les courbes de niveau.

- **Choix du tuteur**

Le choix de tuteur adopté pour la culture du poivre diffère suivant la zone de production. En effet, sur la côte Est, traditionnellement, le système de culture est étroitement lié à la culture du café dans cette région : les colons utilisaient les arbres d'ombrage du café comme tuteur vivant pour le poivre. Pourtant, plus récemment, suite à l'introduction du *Gliricidia sepium*, l'utilisation de ce Fabacée est adoptée peu à peu par les planteurs.

Par contre dans la zone Ouest, suite au projet « Stabex11 » de vulgarisation des techniques agricoles et suite à la diffusion d'un guide des bonnes pratiques. Ils commencent à utiliser des tuteurs à croissance rapide tels que le *Jatropha curcas* (Euphorbiacées), également utilisé comme tuteur pour la vanille. Le poivre ainsi cultivé est toujours associé à d'autres cultures de rente (vanille, café) et à des cultures vivrières (fruitiers et cultures intercalaires). Seule, la région de Sambirano, seul producteur de cacao utilise ce dernier comme tuteur du poivrier.

- **Billonage**

Pour éviter la stagnation de l'eau au pied des poivriers, ceux-ci seront mis en place sur des billons d'une hauteur de 40 cm et des canaux de drainage seront réalisés entre des tuteurs.

- **Trouaison**

Il faut creuser un trou de chaque côté du tuteur le long du billon. Ce trou doit avoir les dimensions suivantes: 60 cm de profondeur et 50 cm de longueur et de largeur. Reboucher chaque trou avec un mélange composé de terre et de 20 kg de fumier bien décomposé. Le rebouchage doit se faire un mois avant la plantation.

- **Plantation**

Il est préférable de faire la plantation tôt le matin ou le soir en fin d'après-midi.

A Madagascar, le poivre fleurit 2 fois par an, juillet à septembre puis janvier à mars. Trois mois après la floraison apparaît la formation des grappes. Pour favoriser la floraison, les tuteurs sont taillés en juillet et en janvier, en période de pré floraison.

- **Récolte**

La récolte se fait suivant le degré de maturité du produit.

Les dates de récolte et les pratiques diffèrent en fonction de la zone de production :

- A l'Est, il existe 2 périodes de récoltes puisque le poivrier fleurit deux fois par an (en Février et en Août).
- Au Nord-Ouest, il n'y a qu'une seule période de récolte car le poivrier ne fleurit qu'une seule fois (au mois de Mars).

Annexe 3 : Différentes sortes de poivre rencontrées sur le marché

Le poivre existe sous la forme de 4 couleurs, Il prend ses différentes couleurs en fonction du degré de maturité au moment de sa récolte.

- **Le poivre vert**

Une fois le poivre formé en grappe il est au début de sa maturité. Il ressemble à des grappes de petites groseilles vertes, Récolté à ce stade il est peu piquant. C'est une baie immature à l'état laiteux cueilli avant que le grain soit totalement formé. Ils sont de couleur verte et la récolte se déroule après le quatrième mois après la floraison.

- **Le poivre noir**

C'est une baie cueillie à un stade de maturation plus avancé, soit quand le grain est jaune. Il est mis à sécher au soleil. Sous son action, la peau se fripe, il se produit une légère fermentation et le grain devient noir. La récolte se fait environ 7 mois après la floraison.

- **Le poivre rouge**

Baie arrivée à pleine maturité. Les rouges sont triées des vertes, puis séchées à l'abri de la lumière pour éviter qu'elles ne noircissent trop, elles a des parfums de fruits mûrs légèrement confit.

- **Le poivre blanc**

Baie entière mûre débarrassée de son péricarpe et séchée dont le péricarpe a été enlevé par maturation dans l'eau, suivie de frotage et de séchage. Elle est cueillie aux environs du neuvième mois après la floraison et seuls les grains d'une couleur rouge –orange sont à récolter.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	i
SOMMAIRE	ii
LISTE DES FIGURES	iii
LISTE DES TABLEAUX	iii
LISTE DES ANNEXES	iv
LISTE DES ACRONYMES	iv
INTRODUCTION.....	1
PARTIE 1 : GENERALITES ET CADRE CONCEPTUEL DE L'ETUDE	2
1. Cadre conceptuel de l'Etude	2
1.1. Contexte.....	2
1.2. Problématique et question de recherche.	3
1.3. Les objectifs.....	4
1.3.1. Objectif général	4
1.3.2. Objectifs spécifiques	4
2. Etats de connaissances sur le poivre	4
2.1. Historique	4
2.1.1. Le poivre dans le monde	4
2.1.2. Le poivre à Madagascar	4
2.2. Bio systématique.....	5
2.3. Morphologie	5
2.4. Distribution de l'espèce	6
2.5. Ecologie	7
2.6. Sols convenables.....	8
2.7. Régénération de la plante	8
2.8. Usage du poivre	8
Conclusion partielle 1.....	9

PARTIE 2 : MATERIELS ET METHODOLOGIE DE RECHERCHE	10
1. Matériels de recherche	10
1.1. Littérature relative à l’historique du poivre dans le monde.....	10
1.2. Littérature relative à l’historique du poivre à Madagascar	10
1.3. Littérature relative aux produits issus du poivre, procédés d’obtention, ses usages, et ses qualités	10
1.4. Littérature relative à la production et exportation du poivre à Madagascar	10
2. Méthodologie de recherche	10
2.1. Collecte des données	10
2.2. Traitement des données	11
2.3. Analyse des données classées	11
2.4. Synthèse et rédaction	11
Conclusion partielle 2.....	11
PARTIE 3 : LES DIFFERENTES METHODES DE CONSERVATION DU POIVRE VERT	12
1. Etapes préliminaires	12
1.1. Période de récolte	12
1.2. Les matériels de récolte	12
1.3. Condition de transport	12
1.4. Préparation du poivre vert avant tout traitement	12
2. Le saumurage	13
2.1. Principe	13
2.2. Matériels et méthodes	13
2.2.1. Traitements post-récolte	13
2.2.2. Préparation de la saumure	14
2.3. Caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques du produit fini	16
2.3.1. Caractéristiques physico-chimiques :	16
2.3.2. Caractéristiques organoleptiques :	17

2.4.	Avantages et inconvénients du saumurage	17
2.4.1.	Avantages	17
2.4.2.	Inconvénients	18
3.	La lyophilisation	18
3.1.	Définition.....	18
3.2.	Matériels et méthodes	18
3.3.	Principes de lyophilisation :	19
3.3.1.	La congélation	20
3.3.2.	La sublimation ou lyophilisation primaire	20
3.3.3.	La dessiccation secondaire ou séchage	20
3.4.	Caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques du produit fini.....	21
3.4.1.	Caractéristiques physico-chimiques :.....	21
3.4.2.	Caractéristiques organoleptiques :	21
3.5.	Avantages et inconvénients de la lyophilisation.....	22
3.5.1.	Avantages	22
3.5.2.	Inconvénients	22
4.	Déshydratation par friture sous vide	22
4.1.	Principe	23
4.2.	Matériels et méthodes	24
4.3.	Caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques du produit fini	26
4.3.1.	Caractéristiques physico-chimiques :.....	26
4.3.2.	Caractéristiques organoleptiques :	27
4.4.	Avantages et inconvénients de la déshydratation par friture sous vide	27
4.4.1.	Avantages	27
4.4.2.	Inconvénient	28
5.	Etude comparative des trois procédés de conservation du poivre vert	28
6.	Quelques recommandations	28

Conclusion partielle 3.....	29
CONCLUSION	30
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	31
ANNEXES	36

Comparaison des différentes méthodes de conservation du Poivre Vert :
cas du saumurage, lyophilisation, déshydratation par friture sous vide

Par : Mlle ANDRIAMANDIMBY Vololoniaina Sitraka

Encadré par : Dr. RAZAFIMAMONJISON Gaylor

Email : avsitraka@yahoo.fr

Promotion : Vahinala (2014 - 2019)



RESUME

La conservation de la qualité du poivre vert « *Piper nigrum* » après la récolte peut se faire suivant plusieurs méthodes. Différents traitements ont été étudiés et qui sont le saumurage, la lyophilisation et la déshydratation par friture sous vide. Le saumurage permet de préserver les qualités gustatives alors que la lyophilisation garde la couleur qui fait l'image du poivre vert et favorise une plus longue durée de stockage du produit après son conditionnement. La déshydratation par friture sous vide conserve certaines caractéristiques organoleptiques comme l'arôme et améliore la date limite de consommation du poivre vert. Il est quand même à noter que la conservation doit se faire à l'abri de la lumière et de l'humidité.

Mots-clés : poivre vert, saumurage, lyophilisation, friture sous vide, conservation, qualité

ABSTRACT

The conservation of the quality of the green pepper « *Piper nigrum* » after the harvest can be done according to several methods. Different treatments have been studied which are brining, lyophilization and dehydration by vacuum frying. The brining makes it possible to preserve the taste qualities while the freeze-drying retains the color which is the image of the green pepper and promotes a longer shelf life of the product after its packaging. Dehydration by vacuum frying retains certain organoleptic characteristics such as aroma and improves the cut-off date for green pepper. It should be noted, however, that storage should be protected from light and moisture.

Keywords: green pepper, brining, lyophilization, vacuum frying, preservation, quality

FAMINTINANA

Ny fihazonana ny kalitao an'ny dipoavatra maitso « *Piper nigrum* » aorian'ny fihotazana dia mety atao amin'ny fomba samihafa. Maro ireo fomba izay efa nohalalinina dia ny fandomana anaty ranontsira miampy asidra sitrika, ny « *lyophilisation* » ary ny fanamainana amin'ny alalan'ny fanendasana anaty efitra izay nohavaozina ny rivotra. Ny fandomana anaty ranontsira dia miaro ireo kalitao ara-tsiro raha toa ka mitazona ny loko izay maha izy azy ny dipoavatra maitso ny « *lyophilisation* » ary mampaharitra ny fotoana afaka hitahirizana aorian'ny famonosana. Ny fanamainana amin'ny alalan'ny fanendasana anaty toerana izay nohavaozina ny rivotra dia mitazona ny sasany amin'ireo toetra « *organoleptique* » toa ny hanitra ary mampitombo ny fetra ny fanjifana ny dipoavatra maitso. Tsara marihana anefa fa ny fitahirizana dia tokony hatao amin'ny toerana lavitra ny hazavana sy ny hamandoana.

Teny fototra: dipoavatra maitso, fandomana amin'ny ranontsira, « *lyophilisation* », fanendasana anaty efitra nohavaozina ny rivotra, fihazonana, kalitao