

SOMMAIRE

Remerciements	
SOMMAIRE	i
LISTE DES FIGURES	ii
LISTE DES TABLEAUX	iii
LISTE DES PARTIES EXPERIMENTALES	v
LISTE DES ANNEXES	v
LISTE DES ABREVIATIONS ET DES ACRONYMES.....	vi
INTRODUCTION GENERALE.....	1
PARTIE I : GENERALITES SUR L'ETUDE.....	2
1.1. Présentation du projet	2
1.2. Généralités sur le vinaigre	3
1.3. Généralités sur l'acide acétique.....	8
1.4. Généralités sur le sirop de fruit	11
1.5. Généralités sur l'ananas.....	15
1.6. Généralités sur le pok-pok.....	20
1.7. Conclusion partielle 1	25
PARTIE II : CONCEPTION DES VINAIGRES AU SIROP D'ANANAS ET AU SIROP DE POK-POK.....	26
2.1. Mise au point de la fabrication de vinaigre	26
2.2. Mise au point de la fabrication de sirop d'ananas et pok-pok	30
2.3. Formulation et mélange.....	43
2.4. Filtration	48
2.5. Conditionnement	49
2.6. Conclusion partielle 2.....	49
PARTIE III: QUALITES, APPRECIATIONS ET TEST DE STABILITE DES PRODUITS FINIS..	51
3.1. Qualités et appréciations des produits finis	51
3.2. Contrôle de stabilité.....	60
3.3. Conclusion partielle 3.....	63
PARTIE IV : ETUDE DE MARCHE ET ETUDE ECONOMIQUE SOMMAIRE DU PROJET	64
4.1. Etude de marché	64
4.2. Evaluations économiques sommaires.....	73
4.3. Conclusion partielle 4.....	78
CONCLUSION GENERALE	79
LISTE BIBLIOGRAPHIQUE.....	80
PARTIES EXPERIMENTALES.....	85
ANNEXES	90
TABLE DES MATIERES.....	111

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Diagramme de fabrication de sirop de fruit	12
Figure 2: Plant <i>d'Ananas comosus</i> cayenne.....	15
Figure 3: Plant de physalis peruviana.....	20
Figure 4: Fleurs de pok-pok	21
Figure 5: Fruits de pok-pok	21
Figure 6: Région productrice de Pok-pok à Madagascar (tonnes)	24
Figure 7: Procédés de fabrication du vinaigre au sirop de fruit.....	26
Figure 8: Acide acétique glacial	26
Figure 9: Dilution de l'acide acétique glacial	27
Figure 10: Caractéristiques organoleptiques des sirops d'ananas et de pok-pok	41
Figure 11: Représentation graphique des différentes appréciations du vinaigre au sirop d'ananas	54
Figure 12: Représentation graphique des différentes appréciations du vinaigre au sirop de pok-pok ..	55
Figure 13: Résultats du vote entre les deux parfums de vinaigre au sirop de fruits	55
Figure 14: Représentation graphique du profil sensoriel du vinaigre au sirop d'ananas 4°40%	56
Figure 16: Comparaison des caractéristiques des deux vinaigres au sirop de fruit	57
Figure 15: Représentation graphique du profil sensoriel du vinaigre au sirop de pok-pok 4°40%	56
Figure 17: Etiquette du vinaigre au sirop d'ananas.....	70
Figure 18: Etiquette du vinaigre au sirop de pok-pok	71
Figure 19: Culture plantée, premier rejet et second rejet	95
Figure 20: Formulaire des tests de classement 1, 2, 3, 4 et 5	101
Figure 21: Formulaire du test de classement 6.....	101
Figure 22: Formulaire des tests d'acceptation.....	102
Figure 23: Formulaire du test de préférence.....	102
Figure 24: Formulaire des tests descriptifs.....	103
Figure 25 : Certificat de consommabilité	104

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Proportion (fruit-sucre) en % utilisée pour chaque procédé.....	13
Tableau II: Production mondiale d'ananas	19
Tableau III: Répartition de la production de pok-pok dans l'espace et dans le temps	24
Tableau IV: Données sur les matières entrantes et les matières sortantes pendant la fabrication de vinaigres	28
Tableau V: Quantité des matières premières utilisées et caractéristiques des vinaigres	29
Tableau VI: Caractérisation des fruits.....	30
Tableau VII: Caractéristiques physico-chimiques des jus d'ananas et de pok-pok	31
Tableau VIII: Matériels utilisés pour la mise au point des sirops de fruits	32
Tableau IX: Rendements et pertes trouvés à chaque étape de prétraitements des fruits	33
Tableau X: Etapes concernées par le calcul de rendement à chaque étape	34
Tableau XI: Rendement en pulpes de fruits	36
Tableau XII: Rendements aux étapes concernées donnés en %	37
Tableau XIII: Rendement global des trois procédés	38
Tableau XIV: Quantité de matières premières pour obtenir 100kg de sirop de fruits.....	39
Tableau XV: Coût des matières premières pour obtenir 100kg de sirop de fruits	39
Tableau XVI: Caractéristiques des sirops de fruits	41
Tableau XVII: Comparaison des trois procédés.....	42
Tableau XVIII: Identifications des produits à évaluer	44
Tableau XIX: Buts des cinq premiers tests de classement	45
Tableau XX: Somme des rangs des échantillons pour les tests 1, 2, 3, 4 et 5	46
Tableau XXI: Valeur de F pour les tests 1, 2, 3, 4 et 5	47
Tableau XXII: Résultat des cinq premiers tests	47
Tableau XXIII: Somme des rangs des échantillons pour le test 6.....	47
Tableau XXIV: Valeur de F pour le test 6	48
Tableau XXV: Résultats statistiques pour le test d'acceptabilité de vinaigre au sirop d'ananas	54
Tableau XXVI : Résultats statistiques pour le test d'acceptabilité de vinaigre au sirop de pok-pok.....	55
Tableau XXVII: Résultats des analyses physico-chimiques des vinaigres au sirop d'ananas et au sirop de pok-pok.....	58
Tableau XXVIII: Les milieux de culture utilisés	59
Tableau XXIX: Résultats des analyses microbiologiques des vinaigres au sirop d'ananas et au sirop de pok-pok.....	60
Tableau XXX: Les appareils utilisés pour le contrôle de stabilité	61
Tableau XXXI: Caractéristiques des échantillons avant incubation	62
Tableau XXXII: Résultats des examens après incubation.....	62
Tableau XXXIII: Les dix plus grands exportateurs de vinaigre dans le monde.....	64

Tableau XXXIV: Les dix plus grands importateurs de vinaigres dans le monde	65
Tableau XXXV: Production de vinaigre à Madagascar	66
Tableau XXXVI: Prix de quelques vinaigres trouvés sur le marché.....	72
Tableau XXXVII : Durée des opérations et la quantité de main-d'œuvre pour obtenir 100 kg de produits.....	75
Tableau XXXVIII: Coût de production du vinaigre au sirop d'ananas	76
Tableau XXXIX: Coût de production du vinaigre au sirop de pok-pok.....	77
Tableau XL: Prix de vente des vinaigres au sirop d'ananas et de pok-pok (en Ar).....	77
Tableau XLI : Avantages et inconvénients des matériaux de construction des cuiseurs	93
Tableau XLII: Correspondance entre les grandeurs mesurées au thermomètre et au réfractomètre	93
Tableau XLIII: Cultivars de l'ananas.....	94
Tableau XLIV: Mode de conservation de la chair d'ananas	96
Tableau XLVI: Calendrier de récolte de l'ananas.....	97
Tableau XLVI : Description de l'ananas suivant son niveau de maturité	100

LISTE DES PARTIES EXPERIMENTALES

Partie expérimentale 1: Mesure du pH	85
Partie expérimentale 2: Mesure du degré Brix (Matière sèche soluble).....	85
Partie expérimentale 3: Analyse de la matière sèche totale.....	85
Partie expérimentale 4: Dosage de l'acidité titrable	86
Partie expérimentale 5: Contrôle de la stabilité.....	87

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Historique du vinaigre.....	90
Annexe 2: Historique de l'acide acétique.....	91
Annexe 3: Conduite de la cuisson	92
Annexe 4: Historique de l'ananas.....	94
Annexe 5: Phase végétative de l'ananas.....	94
Annexe 6: Modes de conservation de l'ananas	95
Annexe 7: Cultivars de l'ananas.....	96
Annexe 8: Calendrier de récolte de l'ananas.....	97
Annexe 9 : Historique du pok-pok	97
Annexe 10 : Phase végétative du pok-pok	98
Annexe 11 : Description de l'ananas suivant son niveau de maturité	100
Annexe 12: Formulaires d'analyses sensorielles.....	101
Annexe 13: Certificat de consommabilité	104
Annexe 14: Formulaire d'enquête en ligne sur la consommation de vinaigre au sirop de fruits à Madagascar.....	105
Annexe 15 : Mesures de protection au cours de la manipulation de l'acide acétique glacial.	109

LISTE DES ABREVIATIONS ET DES ACRONYMES

Abréviations

°C	:	degré Celsius
µg	:	microgramme
Ar	:	Ariary
A _w	:	activité de l'eau
C	:	carbone
càs	:	cuillère à soupe
cl	:	centilitre
cm	:	centimètre
g	:	gramme
h	:	heure
H	:	hydrogène
ha	:	hectare
Ka	:	constante de dissociation acide
kg	:	kilogramme
l	:	litre
m	:	mètre
Max	:	maximum
Mt	:	millions de tonnes
Min	:	minimum
min	:	minute
mg	:	milligramme
ml	:	millilitre
mm	:	millimètre
O	:	oxygène
pH	:	potentiel Hydrogène
ppm	:	parties par millions
t	:	tonne

Acronymes

ACSSQDA	:	Agence de Contrôle de la Sécurité Sanitaire et de la Qualité des Denrées Alimentaires
BNM	:	Bureau des normes de Madagascar
CAF	:	Coût, Assurance, Fret
CTHA	:	Centre Technique Horticole d'Antananarivo
GAM	:	Générale Alimentaire Madagascar
OMS	:	Organisation Mondiale de la Santé
ISO	:	International Standards Organization
ESSA	:	Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques
IAA	:	Industries Agricoles et Alimentaires
JIRAMA	:	JIro sy RAno MALagasy
PU	:	Prix Unitaire
TTC	:	Toutes taxes comprises
TVA	:	Taxe à la Valeur Ajoutée
UFC	:	Unités Formant Colonies

Introduction générale



Rapport gratuit .com

INTRODUCTION GENERALE

L'importance des fruits, en matière de nutrition, de santé et d'économie, n'est plus à démontrer. A certaines périodes de l'année, les fruits abondent à Madagascar. Parmi ces fruits figurent l'ananas et le pok-pok, dont les pulpes regorgent de nombreuses vertus pour la santé humaine et sont caractérisées par une senteur et un goût délicieux. Pour les conserver et les valoriser, ils peuvent être transformés en sirop de fruit qui, à son tour, est exploité dans divers types de produits alimentaires en leur donnant arôme, goût, couleur et plus de valeur nutritionnelle.

Le vinaigre est un produit aux multiples possibilités. Il est utilisé partout dans le monde depuis des milliers d'années. Considéré longtemps comme une nécessité dans chaque foyer en raison de la diversité de ses utilisations, le vinaigre est de plus en plus populaire auprès des consommateurs à mesure que de nouveaux mélanges et de nouvelles utilisations font leur entrée sur le marché. A Madagascar, il est principalement utilisé en cuisine. Les résultats des enquêtes effectuées auprès des vinaigrers, des grossistes, des grandes surfaces et des épiceries ont montré que les vinaigres produits localement sont en majorité des solutions d'acide acétique diluées à 6%. Ces derniers sont les plus recherchés et ils s'écoulent facilement dans les rayons de vente. Cependant, la plupart des consommateurs ajoute à ces produits de l'eau et/ou du sucre ; surtout pour en atténuer le goût et l'odeur piquants mais aussi pour obtenir une saveur aigre-douce qui est de nos jours très en vogue.

Tenant compte de ces deux situations, il nous a semblé judicieux, avec la société GAM, de valoriser l'ananas et le pok-pok et d'améliorer le vinaigre artificiel, afin de répondre à la demande croissante de saveur et de praticité des consommateurs, en créant un nouveau produit qui regroupe le vinaigre et le sirop de fruit dans un même emballage.

C'est ainsi que la présente étude portée sur «La mise au point de vinaigres au sirop d'ananas et au sirop de pok-pok» a été réalisée.

Afin d'aboutir à un travail clair et précis, l'étude est scindée en quatre parties. La première présente le contexte général du projet. Dans la deuxième partie, la conception des vinaigres au sirop d'ananas et au sirop de pok-pok est développée. La troisième partie relate les caractéristiques organoleptiques, physico-chimiques et microbiologiques des produits finis ainsi qu'une étude de l'appréciation des consommateurs et un test de stabilité. Enfin, les travaux sont complétés par une étude de marché et une étude économique sommaire du projet dans la dernière partie.

Partie I : Généralités sur l'étude



PARTIE I : GENERALITES SUR L'ETUDE

1.1.Présentation du projet

1.1.1. Contexte et problématique

Le vinaigre est un condiment de choix pour rehausser le goût des aliments. Le vinaigre artificiel occupe la plupart du marché malgache avec des prix relativement bas. Cependant, ces produits présentent un goût et une odeur âcre que nombreux consommateurs atténuent en y ajoutant de l'eau et/ou du sucre.

Les fruits ont des qualités nutritionnelles reconnues. Une consommation d'au moins 400 grammes de fruits et légumes par jour est conseillée par l'OMS [12]. Grâce à ses potentialités agro-climatiques, Madagascar offre des produits agricoles très variés. La grande île produit ainsi des fruits, tels que l'ananas et le pok-pok, qui abondent à certaines périodes de l'année. Comme les fruits sont des organes végétaux vivants subissant une évolution continue après la récolte, ils constituent des sujets à importantes pertes. Par conséquent, ils doivent être l'objet de soins très attentifs et de transformations. Telle est la vocation de la Société GAM, qui les valorisent en tant que nectars, pâtes de fruits et confitures. Une autre manière de les conserver et de les valoriser est la fabrication de sirop de fruit qui, par la suite, peut être utilisé dans divers types de produits alimentaires.

Ce qui conduit à la problématique de la présente étude :

« Comment valoriser l'ananas et le pok-pok en contribuant à l'amélioration du vinaigre artificiel pour que ce dernier soit adapté au plus grand nombre de consommateurs malgaches? »

Cette question nous amène à franchir plusieurs étapes durant cette étude :

- Connaitre les réelles demandes sur le marché et les besoins des consommateurs.
- Choisir les matières premières à utiliser.
- Choisir la technologie qui convient au contexte malgache et surtout à la société GAM.
- Garantir les qualités physico-chimiques et microbiologiques des produits.

1.1.2. Objectifs

L'objectif général du travail est de **fabriquer des vinaigres au sirop d'ananas et au sirop de pok-pok qui répondent aux besoins des consommateurs**. Du point de vue **qualité**, cela offrira des produits qui considèrent au mieux le bien-être et la sécurité des consommateurs. Du point de vue **économique**, cela apportera des nouveaux produits, au prix abordable, qui pourraient concurrencer ceux déjà existants sur le marché. Du point de vue

pratique, cela mettra à la disposition des consommateurs des produits à la fois aigres, sucrés et fruités, qui exigent moins de préparation et permettent ainsi un gain de temps.

Les objectifs spécifiques (OS) suivants ont été fixés pour mener à terme l'étude :

- OS1 : Evaluer la situation actuelle du vinaigre, de l'acide acétique, du sirop de fruits, de l'ananas et du pok-pok sur le plan national et international.
- OS2 : Mettre au point les technologies de fabrication
- OS3 : Evaluer la qualité, l'appréciation et la stabilité des vinaigres au sirop de fruits
- OS4 : Analyser la dimension économique et commerciale de la production
- OS5 : Publier les résultats

1.2.Généralités sur le vinaigre

C'est au vin que le vinaigre doit d'exister. En effet, le terme vinaigre vient littéralement du mot composé « vin aigre ». Comme son nom l'indique, le vinaigre est à l'origine une maladie du vin occasionnée par des bactéries et connue sous le terme de « piqûre acétique ». [59] La fabrication du vinaigre remonte à plus de 10 000 ans. Il fut, après le vin, le plus ancien produit issu d'une fermentation spontanée utilisé par l'homme dans l'histoire de l'alimentation. Autant dire qu'il ne faut pas chercher son inventeur. C'est le hasard qui fait bien les choses. [61]

1.2.1. Définitions

Le décret n° 88-1207 du 30 décembre 1988 relatif aux vinaigres modifié par le décret 2005-553 du 19 mai 2005 réserve la dénomination "vinaigre" au produit obtenu exclusivement par le procédé biologique de la double fermentation, alcoolique et acétique, de denrées et boissons d'origine agricole ou de leurs dilutions aqueuses. [60]

Toutefois, dans certains pays comme l'Autriche, l'appellation vinaigre s'applique aussi à certains produits chimiques d'usage alimentaire tels que les dilutions d'acide acétique pur et les mélanges acide acétique et vinaigre. Les vinaigres ainsi obtenus sont dits «artificiels». A Madagascar, ce type de vinaigre constitue la majeure partie de la production vinaigrière. [1]

Le vinaigre est un liquide acide (pH généralement comprise entre 2 et 3), dont le composant principal est l'acide acétique. [30]

1.2.2. Législation sur le vinaigre

D'après les enquêtes réalisées au sein du Bureau des Normes de Madagascar (BNM), il n'existe pas encore de normes régissant le vinaigre à Madagascar. Les normes

internationales telles que l'ISO et le Codex Alimentarius ne règlementent pas non plus ce produit.

Par conséquent, au cours de la présente étude, la norme au niveau de l'Agence de Contrôle de la Sécurité Sanitaire et de la Qualité des denrées alimentaires (ACSSQDA) ainsi que la norme européenne concernant le vinaigre sont prises comme référence.

1.2.2.1.La norme au niveau de l'ACSSQDA

A Madagascar, les procédés de production de vinaigre ne sont pas réglementés, la caractéristique attendue par l'ACSSQDA se porte surtout sur le degré acétique qui doit être compris entre 5,5 et 6,5.

1.2.2.2.La norme européenne [62]

Cette norme européenne établit des définitions, des prescriptions et le marquage du vinaigre.

- **Termes et définitions**

Pour les besoins de la présente norme européenne, les termes et définitions suivants s'appliquent.

- a) **Vinaigre**: produit obtenu exclusivement par le procédé biologique de la double fermentation, alcoolique et acétique, de liquides ou d'autres substances d'origine agricole.
- b) **Vinaigre de vin** : vinaigre obtenu seulement à partir de vin par le procédé biologique de la fermentation acétique.
- c) **Vinaigre de fruits** : vinaigre obtenu à partir de fruits par le procédé biologique de la fermentation alcoolique et acétique.
- d) **Vinaigre de cidre** : vinaigre obtenu à partir de cidre par le procédé biologique de la fermentation acétique.
- e) **Vinaigre d'alcool** : vinaigre obtenu à partir d'alcool de distillation par le procédé biologique de la fermentation acétique.
- f) **Vinaigre de céréales** : vinaigre obtenu sans distillation intermédiaire, par le procédé défini en a), à partir de n'importe quelle céréale dont l'amidon a été transformé en sucres par d'autres agents que les diastases de l'orge maltée.
- g) **Vinaigre de malt** : vinaigre obtenu sans distillation intermédiaire, à partir d'orge maltée, avec ou sans addition de céréales dont l'amidon a été transformé en sucres uniquement par les diastases de l'orge maltée, suivant le procédé défini en a).
- h) **Vinaigre de malt distillé** : vinaigre obtenu par distillation sous pression réduite du vinaigre de malt, comme défini en g).
- i) **Vinaigre épice, vinaigre aromatisé** : vinaigres des paragraphes b) à h) avec addition d'herbes condimentaires, d'arômes et d'autres ingrédients.

j) Autres sortes de vinaigres par exemple, vinaigre de petit lait, vinaigre de bière, vinaigre de miel.

• **Prescriptions**

a) Matières premières

Le vinaigre doit être fabriqué à partir de l'une des quelconques matières premières suivantes : vin, fruits, vin de fruits, cidre, alcool de distillation d'origine agricole et autres produits d'origine agricole contenant de l'amidon et/ou des sucres.

b) Ingrédients

i. Auxiliaires de fabrication

S'il est nécessaire d'alimenter les acétobacters, des substances organiques peuvent être utilisées en quantités requises (préparations de malt, sirop de féculle, glucose), ainsi que des substances inorganiques telles que des phosphates et des sels d'ammonium.

Les agents de filtration, de purification et de clarification utilisés pour les vins peuvent l'être pour les vinaigres.

ii. Autres ingrédients

À des fins d'aromatisation, les substances suivantes peuvent être ajoutées aux vinaigres : plantes ou parties de plantes, épices, fruits utilisés soit à l'état frais ou séché, en petits morceaux ou non soit sous forme d'extraits, sucre, sel, miel, jus de fruits concentrés ou non concentrés, additifs (colorants).

c) Substances interdites

Les substances suivantes ne doivent pas être utilisées pour la production de vinaigre : arômes artificiels, huiles de grains de raisins artificielles ou naturelles, résidus de distillation, résidus de fermentation et les produits en dérivant, extraits de marcs de toutes sortes, acides de toutes sortes, à l'exception de ceux naturellement contenus dans les matières premières utilisées ou dans les substances dont l'addition est autorisée.

d) Teneur en acide total

La teneur en acide total du vinaigre ne doit pas être inférieure à 50 g dans 1 000 ml, calculée en acide acétique pur. La teneur en acide total du vinaigre de vin ne doit pas être inférieure à 60 g dans 1 000 ml, calculée en acide acétique pur.

e) Teneur en alcool résiduel

La teneur en alcool résiduel ne doit pas dépasser 0,5% (fraction volumique) pour les vinaigres autres que les vinaigres de vin, 1,5% (fraction volumique) pour les vinaigres de vin et 3% (fraction volumique) pour les vinaigres de spécialités produits à partir de vinaigres de vin.

- **Marquage**

- La dénomination "vinaigre" ne peut être utilisée que pour les produits obtenus à partir de produits d'origine agricole; ils doivent être marqués en conséquence.
- La dénomination "vinaigre" ne peut être utilisée pour les mélanges de vinaigre et d'acide acétique de qualité alimentaire.
- Un vinaigre produit à partir d'une seule matière première doit être marqué sous la dénomination "vinaigre", complétée de l'indication de la matière première.
- Un vinaigre produit à partir de plusieurs matières premières doit être marqué sous la dénomination "vinaigre", complétée de l'indication de toutes les matières premières.
- Les vinaigres avec addition des ingrédients énumérés précédemment doivent être marqués sous leur dénomination complétée de l'indication de ces ingrédients, à condition qu'ils soient organoleptiquement perceptibles.
- La dénomination "vinaigre" peut être utilisée en liaison avec une indication d'origine si la matière première utilisée provient de ladite région ou si le produit lui-même a été fabriqué dans ladite région ou élaboré selon un procédé particulier.
- La concentration acétique du vinaigre, correspondant à son acidité totale exprimée en grammes par 100 ml, doit être mentionnée sur l'étiquette avec la mention "... % d'acidité".
- Les vinaigres ne doivent pas être étiquetés ou présentés d'une façon telle que le consommateur puisse être induit en erreur sur leur origine, en particulier lorsque le caramel est ajouté comme colorant (non autorisé pour le vinaigre de vin).

1.2.3. Production de vinaigre [16, 31]

Le vinaigre peut être produit par fermentation ou synthétiquement.

D'une part, le vinaigre résulte de la conversion de l'éthanol en acide acétique par des bactéries acétiques, dont les genres principaux sont les *Acetobacter* et les *Gluconobacter*. Il peut être produit à partir de n'importe quelle substance contenant de l'alcool. Ce dernier a été obtenu à partir de produits d'origine agricole contenant du sucre par la fermentation alcoolique sous l'action des levures.

La formule suivante définit la fermentation acétique :



L'oxydation de l'éthanol en acide acétique est l'étape clé de la production du vinaigre. Les bactéries acétiques sont strictement aérobies mais ont la particularité de ne pas pouvoir oxyder complètement leur donneur en CO₂ et en eau. Elles utilisent l'éthanol comme donneur d'électrons. Leur demande en oxygène pendant la croissance est très élevée et le problème majeur de la production de vinaigre est l'aération du milieu.

Il existe trois procédés de production du vinaigre.

- **La méthode originelle à fût ouvert (dite « d'Orléans »)** est encore utilisée en France : le vin est placé dans des récipients plats avec une grande surface d'exposition à l'air et sa surface se couvre d'un voile de bactéries acétiques. Ce procédé est peu efficace, car la surface de contact bactéries-substrat-O₂ est limitée.

- **La méthode par ruissellement (vinaigre rapide)**, permet d'obtenir un contact optimal entre bactéries, air et substrat en faisant ruisseler par le haut le substrat alcoolique sur un lit non tassé de copeaux de bois, à travers lequel de l'air est insufflé par le bas. C'est un type de réacteur à fermentation continue et à bactéries adsorbées sur un support poreux où le contact bactéries-substrat-O₂ est maximal. La durée de vie des copeaux de bois colonisés par ce type de bactéries varie de cinq à trente ans selon le type de substrat utilisé. Ce procédé est lui aussi naturel, mais réduit le temps nécessaire à l'élaboration du vinaigre de 2/3. Son efficacité avoisine les 77 à 84 %.

- **La méthode de bullage**, qui est une méthode de fermentation submergée. Elle prend moins de 2 jours, grâce à l'injection en nombre de microbulles d'air ou d'oxygène dans de très grandes cuves, pouvant contenir des milliers de litres, et à une température de 30°C. Avec une oxygénation adéquate, le rendement de conversion de l'alcool en acide acétique atteint entre 90 à 98%.

D'autre part, le vinaigre est obtenu par une simple dilution de l'acide acétique. Ce dernier étant produit synthétiquement.

Aujourd'hui, la méthode biologique ne concerne plus que 10% de la production, mais elle demeure importante pour la fabrication de vinaigre car, dans la plupart des pays, la loi dispose que le vinaigre à usage alimentaire doit être d'origine biologique.

1.2.4. Principales utilisations du vinaigre [29, 32, 33, 55]

1.2.4.1. Utilisations en cuisine

Le vinaigre est utilisé comme assaisonnement pour rehausser le goût d'un aliment. Il sert à la confection des vinaigrettes, des mayonnaises, moutardes et des marinades. Le vinaigre sert également pour le déglaçage et la préparation de sauces. Il est aussi employé pour la préparation de conserve de fruits ou de légumes, pickles, chutney, en effet, c'est un excellent conservateur alimentaire.

1.2.4.2. Utilisations pour le bien-être et la santé

Le vinaigre issu de la fermentation biologique possède, par son acidité naturelle, des vertus antibiotiques bien connues et utilisées. Il renferme aussi des éléments utiles issus des sels minéraux contenus dans les matières premières. Ces produits dits secondaires de la

fermentation, qui lui confèrent son « bouquet » apprécié, sont des vitamines et des acides aminés qui nous sont indispensables.

En stimulant les glandes salivaires, le vinaigre ouvre l'appétit. Par ailleurs, il peut aidé à la perte de poids en détruisant les graisses.

Dès le Moyen-âge, ses propriétés antiseptiques et antibiotiques sont reconnues. Il était utilisé pour désinfecter les plaies et les brûlures légères.

Le vinaigre, quel que soit son type, doit cependant être consommé sans exagération pour ne pas provoquer de brûlures d'estomac et ne pas fatiguer le foie. Une consommation excessive de ce produit à jeun peut entraîner des problèmes d'estomac.

1.2.4.3.Utilisations pour la beauté

Le vinaigre possède des qualités astringentes, il resserre les pores de l'épiderme.

Il s'utilise pour le rinçage des cheveux afin de les rendre plus soyeux et sert également à éloigner les poux.

1.2.4.4.Utilisations pour le nettoyage et la désinfection des produits ménagers

Le vinaigre est utilisé dans la formulation de produits de rinçage dans les tunnels de lavage et dans les machines à laver la vaisselle industrielles. Il s'agit surtout du vinaigre blanc. Il dissout le calcaire, et peut donc servir de détartrant. Il est également utilisé pour faire briller les miroirs, les vitres, les chromes, la porcelaine, les cuivres, le cuir ; et pour fixer les couleurs du linge neuf. Mélangé à de l'eau, il s'emploie comme désodorisant pour combattre les mauvaises odeurs du four, de la micro-onde, du réfrigérateur.

1.3.Généralités sur l'acide acétique

Le nom de l'acide acétique dérive du mot latin «acetum » qui désigne le vinaigre.

En effet, il est naturellement présent dans le vinaigre. C'est la molécule qui lui confère son goût acide et son odeur piquante. [54]

Encore appelé acide éthanoïque ou acide éthylique, c'est l'un des plus simples acides carboxyliques. De formule brute $C_2H_4O_2$, l'acide acétique est le plus souvent représenté par les formules CH_3COOH ou CH_3CO_2H afin de mieux traduire sa structure. Toutefois, l'abréviation la plus courante est $AcOH$, où Ac représente le groupement acétyle CH_3CO .

1.3.1. Description

L'acide acétique pur est un liquide transparent et incolore à odeur âcre et pénétrante détectable à de faibles concentrations (0,48 à 1 ppm). Il est aussi connu sous le nom d'acide acétique glacial car il se cristallise à $16,64^{\circ}C$. L'acide acétique est considéré pratiquement pur

à 99,5 % et plus, l'eau étant la principale impureté. Les autres impuretés possibles dépendent du procédé utilisé pour le fabriquer. [31, 63]

1.3.2. Propriétés physico-chimiques [63]

L'acide acétique qu'il soit pur ou en solution aqueuse se trouve à l'état liquide. Sa masse molaire est égale à $60,052 \pm 0,0025 \text{ g.mol}^{-1}$ et sa densité à 20°C est de 1,049 g/ml. L'acide acétique pur est un liquide inflammable, hygroscopique (absorbe l'humidité de l'air) et très faiblement conducteur.

- **Acidité :** L'acide acétique est un acide faible, avec un pKa d'environ 4,7.

L'atome d'hydrogène (H) du groupe carboxyle ($-\text{COOH}$) des acides carboxyliques comme l'acide acétique peut être libéré sous forme d'ion H^+ (proton). C'est la capacité à libérer ce proton qui lui confère son acidité. L'ion résultant de la perte du proton H^+ porte le nom d'acétate, AcO^- .

• **Point de fusion :** Son point de fusion est de 16,64°C. La présence d'eau même en petite quantité abaisse significativement ce paramètre. La mesure de l'abaissement du point de fusion est un moyen rapide de mesurer la pureté de l'acide acétique.

- **Point d'ébullition :** Son point d'ébullition est de 117,87 °C.

- **Miscibilité :** L'acide acétique est soluble dans l'eau, l'éthanol, l'acétone et l'hexane.

• **Incompatibilité :** L'acide acétique réagit violemment avec les oxydants forts (acide nitrique, nitrates, trioxyde de chrome, peroxyde de sodium...) avec un risque d'incendie et d'explosion. Il est incompatible avec les bases fortes, la réaction pouvant dégager une importante quantité de chaleur. Il est très corrosif : il attaque la plupart des métaux usuels, avec dégagement d'hydrogène, ainsi que certains matières plastiques et caoutchoucs. Ainsi, le stockage de l'acide acétique s'effectue généralement dans des récipients en acier inoxydable, en polyéthylène haute densité ou en polypropylène. Le verre peut également être utilisé pour de petites quantités. Les matériaux à éviter sont le fer, le cuivre, le zinc et leurs alliages.

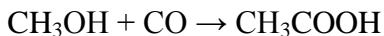
• **Toxicité :** Quoiqu'il n'ait pas été jugé cancérigène ou dangereux pour l'environnement, l'acide acétique glacial est irritant et corrosif pour la peau, les yeux, les voies respiratoires et digestives. La gravité des symptômes peut varier selon les conditions d'exposition (durée de contact, concentration du produit).

1.3.3. Production et synthèse [54]

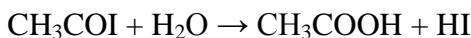
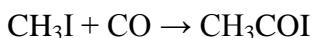
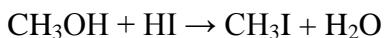
L'acide acétique est produit de façon synthétique ou par fermentation pendant la fabrication de vinaigre. Cependant, il est surtout produit de façon synthétique.

Le premier procédé multi-étapes concernait l'oxydation de l'éthylène en éthanal, CH_3CHO , suivie de son oxydation en acide acétique : $2 \text{CH}_3\text{CHO} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CH}_3\text{COOH}$

Si ce procédé, sous différentes variantes, est toujours employé, environ 75 % de l'acide acétique destiné à l'industrie chimique est produit par carbonylation du méthanol :



Cette réaction est l'archétype de la « réaction idéale » où deux molécules s'unissent pour fournir spécifiquement le produit visé. Elle comporte trois étapes, schématisées par :



Ces réactions sont extrêmement corrosives : les mélanges de monoxyde de carbone, eau et acide iodhydrique attaquaient pratiquement tous les aciers connus.

1.3.4. Importance de l'acide acétique [34, 35]

L'acide acétique est le membre le plus important de la famille des acides carboxyliques. Il joue avec ses dérivés un rôle essentiel dans de nombreuses synthèses et dégradations biologiques accompagnant le métabolisme des aliments et la formation des tissus. Il est trouvé à l'état libre dans la sueur et le sang. Il est également présent à l'état libre dans la sève des plantes et sous forme d'esters dans les fruits et dans les huiles essentielles.

Le groupe acétyle, dérivé de l'acide acétique, est fondamental pour la biochimie de pratiquement toutes les formes de vie. Lorsqu'il est lié au coenzyme A, il a une importance centrale dans le métabolisme des glucides et des lipides. À la différence des acides gras, l'acide acétique n'apparaît pas dans la formation de triglycérides naturels.

L'acide acétique est naturellement produit et sécrété par certains microorganismes.

1.3.4.1. Utilisations [63]

À l'état pur ou sous forme de solutions à différentes concentrations, on l'utilise dans divers secteurs industriels, tels que :

- l'industrie textile, pour les opérations de teinture et d'impression
- la tannerie, dans les solutions de prétraitement des peaux
- la photographie, dans les procédés de développement
- l'imprimerie, dans les solutions de fixation et les solutions de nettoyage
- l'électronique, comme solution de nettoyage
- l'industrie alimentaire, comme ingrédient et agent de conservation (additif alimentaire)
- dans les secteurs médical et vétérinaire, comme solution bactéricide
- la parfumerie, comme ingrédient ou matière première.

1.3.4.2. Situation actuelle de la filière

a. Situation mondiale [31]

Malgré son importance, la fabrication d'acide acétique par voie biologique ne concerne plus que 10% de la production. La production totale d'acide acétique est estimée à 5 Mt/an (millions de tonnes par an), dont environ la moitié vient des États-Unis. La production européenne arrive aux alentours de 1Mt/a et est en diminution. Enfin 0,7Mt/an d'acide acétique sont fabriqués au Japon. 1,5 Mt/an sont recyclés ce qui amène le marché mondial à 6,5 Mt/an.

b. Situation à Madagascar (INSTAT, 2012)

Madagascar ne produit pas d'acide acétique glacial, ainsi l'île en importe, en moyenne 218 000 kg (poids net) par an soit en valeur CAF 446 939 668 Ariary, de divers pays comme l'Afrique du Sud, Allemagne, Chine, République de Corée, Espagne, France, Inde, Maurice, Suisse, Taïwan,... C'est l'Inde qui assure l'approvisionnement de la majorité de ces produits (environ 60%) suivi de la République de Corée (environ 20%) puis de la Chine (environ 15%).

1.4. Généralités sur le sirop de fruit

1.4.1. Définition

Le sirop de fruits est un liquide de consistance épaisse, réalisé à partir de jus de fruits additionné de sucre ou de sirop de sucre. [19]

1.4.2. Principe de base

Les sirops s'obtiennent par évaporation du jus de fruit additionné de sucre jusqu'à l'obtention d'une consistance suffisamment sirupeuse du mélange. [66]

La conservation du produit est assurée par une concentration suffisante en sucre (environ 65 g de sucre pour 100 g de mélange) et par l'acidité naturelle des fruits. Des conditions défavorables au développement et à la multiplication de la plupart des micro-organismes sont alors créées, de façon à ce que l'activité de l'eau A_w soit suffisamment basse. [56 ; 66]

Le sucre n'a pas d'action antimicrobienne directe et son effet sur l'inhibition des micro-organismes est uniquement fonction de l'abaissement de l' A_w . [22]

1.4.3. Caractéristiques du sirop de fruits [56, 66]

A Madagascar, la législation régissant le sirop de fruits n'est pas encore élaborée. Ainsi, les données suivantes, obtenues à partir des recherches bibliographiques, sont prises comme références le long de l'étude. Le sirop de fruits doit avoir au moins 60 % de matière

sèche soluble et 30 % de jus de fruits. Ces valeurs sont mesurées par rapport au poids du produit fini. Le sirop de fruits titre en général 65 à 70°Brix.

1.4.4. Utilisations [11, 24]

Le sirop de fruits est principalement utilisé pour préparer une boisson ce qui nécessite une dilution à raison de 4 à 5 volumes d'eau naturelle ou gazeuse pour un volume de sirop. Il est aussi exploité dans divers types de produits alimentaires comme les glaces et les sorbets, les gâteaux, les crêpes, l'alcool, le vinaigre en leur donnant arôme, goût et couleur.

1.4.5. Procédés de fabrication de sirop de fruit

1.4.5.1. Les matières premières

Les fruits : qui constituent la base de recette de sirop de fruit. La qualité du fruit utilisé conditionne principalement la qualité du produit transformé aux points de vue nutritionnel et organoleptique. [11]

Le sucre : qui confère la saveur sucrée, apporte de la matière sèche et a ainsi pour effet d'abaisser l'activité de l'eau (A_w).

1.4.5.2. Diagramme de fabrication [66]

Le diagramme général de fabrication de sirop de fruit est illustré par la figure suivante :

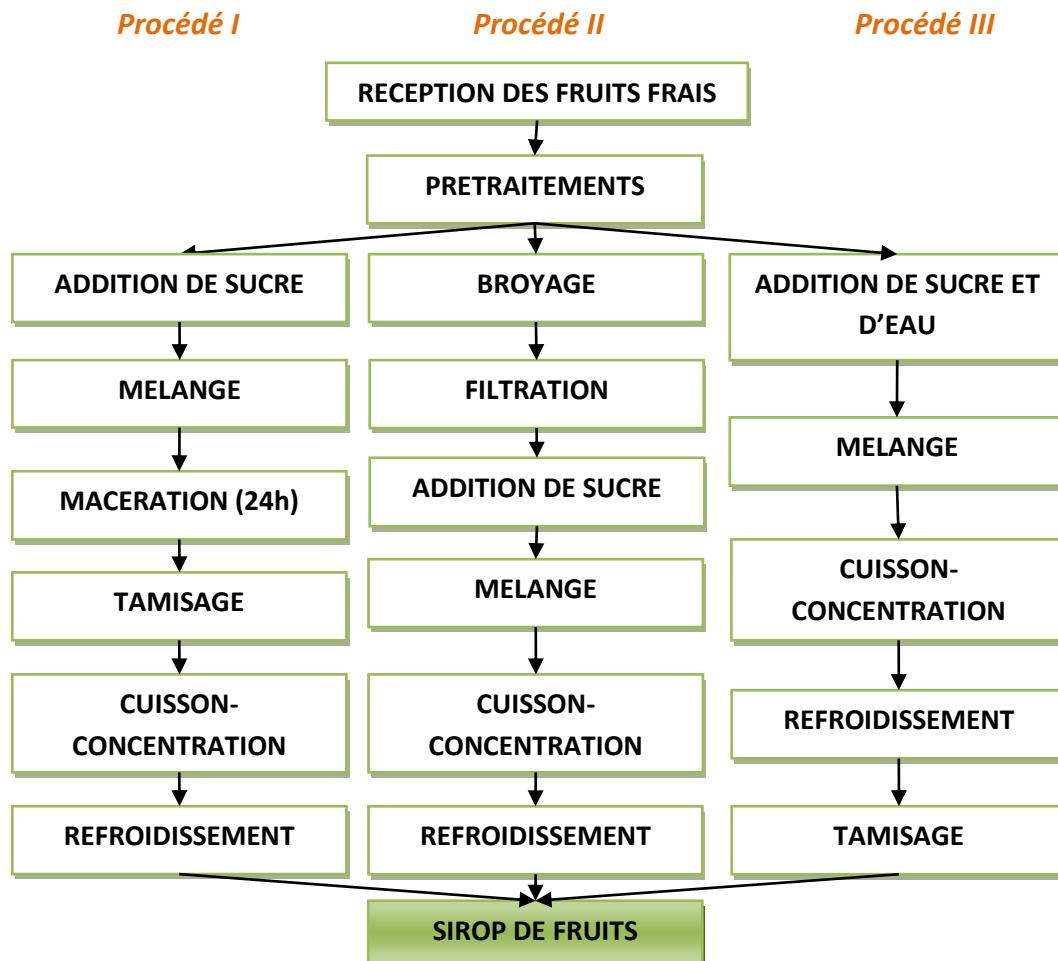


Figure 1: Diagramme de fabrication de sirop de fruit [66]

a. Réception des matières premières

A la réception des fruits s'effectue le pesage qui permet de contrôler le flux de matières premières pour la fabrication de sirop de fruits. Ce pesage permet déjà de prévoir la quantité de produit fini.

b. Prétraitements des fruits

Les prétraitements diffèrent suivant les parties non comestibles ou indésirables de chaque fruit et suivant les produits à élaborer :

- **Triage** : Le triage est effectué en vue d'éliminer les diverses impuretés et les fruits de mauvaises qualités : fruits immatures, altérés, avariés et pourris. En effet, ces fruits peuvent contaminer le lot et nuire à la qualité du produit fini. Cette opération permet ainsi d'obtenir des fruits de maturité homogène. Elle s'effectue manuellement sur la table de préparation.

- **Lavage et égouttage** : Il est primordial d'utiliser des matières premières propres dans toute activité de transformation alimentaire. Ainsi, le lavage, suivi de l'égouttage, a pour but d'éliminer les impuretés telles que la terre, le sable, les résidus chimiques et les microorganismes superficiels. Il peut se faire par aspersion d'eau ou bien par immersion dans une solution désinfectante à concentration déterminée.

- **Epluchage, parage** : Ils consistent à éliminer les parties non comestibles du fruit telles que la peau, le cœur et les graines.

- **Découpage** : Le découpage est nécessaire pour obtenir des morceaux de dimensions régulières. Cette opération facilite également les transferts de chaleur et de sucre.

c. Transformations

Après les prétraitements, il y a la transformation proprement dite. D'après le diagramme précédent, il existe trois méthodes de fabrication de sirop de fruits. Elles présentent surtout de différences, au niveau du mode d'extraction de jus et de la proportion fruit-sucre, montrées par le tableau suivant :

Tableau I: Proportion (fruit-sucre) en % utilisée pour chaque procédé

Procédés	Mode d'extraction de jus	Proportion fruit-sucre (% en poids)
Procédé I	Macération des fruits préparés dans du sucre	Fruits préparés : 50 Sucre : 50
Procédé II	Broyage-filtration	Jus : 50 Sucre : 50
Procédé III	Cuisson des fruits préparés avec du sucre	Fruits préparés : 45 Sucre : 55

❖ Procédé I

- **Addition de sucre :** La proportion fruit-sucre utilisée pour cette première méthode est égale à 50% (en poids) de fruits préparés et 50 % de sucre.
- **Macération :** Cette étape consiste à laisser reposer les fruits dans le sucre pendant 24 heures. Les fruits rendent leur jus sous l'action du sucre par différence de pression osmotique.
- **Tamisage :** Cette opération est réalisée afin de récupérer le jus.
- **Cuisson-concentration :** Cette opération a pour objectifs de:
 - diminuer la teneur en eau du produit afin de limiter les actions défavorables des microorganismes,
 - pasteuriser le mélange pour la bonne conservation du produit,
 - solubiliser le sucre,
 - atteindre une concentration en sucre de l'ordre de 65 à 70°Brix.

Une bonne conduite ainsi qu'une surveillance avec soin de la cuisson s'avèrent nécessaire.
(Cf Annexe 3)

- **Refroidissement :** Le refroidissement doit être effectué immédiatement et rapidement après la cuisson-concentration. Il a pour effet d'arrêter la cuisson pour éviter la modification de la couleur du produit par brunissement non enzymatique. Le contenuant est placé dans de l'eau froide jusqu'à l'atténuation du produit.

❖ Procédé II

- **Broyage :** Cette opération a pour but d'obtenir une purée. Elle consiste à réduire les fruits préparés en une suspension épaisse homogène.
- **Filtration :** La filtration est réalisée afin de séparer les constituants d'un mélange liquide-solide par passage à travers un milieu filtrant. Elle vise ainsi à récupérer le jus. Le choix des milieux filtrants est vaste, il dépend de plusieurs facteurs surtout du débit et la concentration de la suspension.
- **Addition de sucre :** La quantité de sucre à ajouter est égale à la quantité de jus obtenu.
- **Cuisson-concentration et refroidissement :** Ces étapes sont les mêmes que pour la première méthode.

❖ Procédé III

- **Addition de sucre et d'eau :** L'addition de sucre permet d'extraire le jus par différence de pression osmotique pendant la cuisson-concentration et l'ajout d'eau évite que

le sucre se caramélise au début de la cuisson et que le produit ne soit trop concentré. La proportion fruit-sucre est égale à 45-55 en poids et la quantité d'eau est le 10% en poids du mélange (fruit-sucre).

- **Cuisson-concentration :** La cuisson de l'ensemble (fruit-sucre-eau) se fait de la même manière que celle des deux premières méthodes. Cependant, pour cette dernière, outre les objectifs déjà cités précédemment, la cuisson intervient également pour accélérer le phénomène d'osmose.

- **Refroidissement :** Les objectifs du refroidissement sont toujours les mêmes.
- **Tamisage :** Le tamisage a pour but de récupérer le sirop.

1.5.Généralités sur l'ananas

L'ananas (*Ananas comosus*) est une plante tropicale produisant un fruit du même nom. Le mot ananas vient du tupi-guarani *naná naná* qui signifie «parfum des parfums». [18, 36]

1.5.1. Botanique

1.5.1.1.Classification [37]

L'ananas est classé dans :

Règne : Végétal

Embranchement : Angiospermes

Classe : Monocotylédones

Famille : Broméliacées

Genre : Ananas

Espèce : *Ananas comosus*



Figure 2: Plant d'*Ananas comosus cayenne* [50]

Noms vernaculaires : « Mananasy » (Malagasy) – Ananas (Français) – Pineapple (Anglais)

Le genre *Ananas* comprend plusieurs espèces : *A. ananassoides*, *A. bracteatus*, *A. erectifolius*, *A. lucidus*, *A. parguazensis*, *A. comosus*. Cette dernière comporte toutes les variétés actuellement cultivées. Les cultivars sont classés en cinq groupes dont la variété la plus connue et la plus cultivée au monde est la Cayenne [2]. (Cf. Annexe 6)

1.5.1.2.Description morphologique [2, 6, 15, 23, 50]

L'ananas est une plante herbacée qui peut atteindre 50 à 150 cm.

❖ **La tige**, cachée par l'ensemble du feuillage, c'est un organe court en forme de massue. Elle contient des réserves d'amidon et un ensemble de fibres très résistantes.

❖ **Les feuilles.** Au nombre de 70 à 80, elles sont longues et lancéolées de 50 cm à 1,80 m, dentées en général. Elles sont disposées en rosette avec les feuilles les plus jeunes au centre et sont composées de tissus aquifères constituant le réservoir d'eau de la plante,

❖ **Les racines** sont aériennes et souterraines. Elles sont très fragiles et sensibles au moindre durcissement du sol.

❖ **Le pédoncule floral ou** hampe fructifère porte des bractées et prolonge la tige,

❖ **L'inflorescence** se développe à partir du méristème terminal de la tige. Elle est constituée d'un ensemble de fleurs disposées sur des spirales parallèles et contiguës, enroulées autour de l'axe central. Ces fleurs sont hermaphrodites, présentant chacune une bractée florale, trois sépales, trois pétales, six étamines et un pistil.

❖ **Le fruit** présente une juxtaposition régulière d'unités morphologiques (yeux) portées par un axe (cœur). C'est un fruit composé formé par la fusion des fruits individuels issus de chacune des fleurs. Il est généralement de forme cylindrique et est surmonté par une couronne. Sa pulpe, dont la couleur varie de blanche à jaune, est très juteuse.

❖ **Les rejets** assurent la multiplication végétative. Différents types de rejets apparaissent à différents niveaux de la plante. Le cayeu ou rejet de tige qui se développe à partir d'un bourgeon axillaire de la tige, à l'aisselle des feuilles développées. Le cayeu de base de tige qui prend naissance sur la partie souterraine de la tige ou au collet de la plante. La bulbille qui se développe à partir d'un bourgeon axillaire du pédoncule à la base du fruit. Le hapa qui se forme à la jonction de la tige et du pédoncule. Et enfin la couronne qui apparaît au sommet du fruit.

1.5.1.3. Mode de reproduction [15, 24]

a. Multiplication végétative

L'ananas se multiplie principalement par voie végétative (Cf. Annexe 6). Les rejets assurent, après déteriorisation du plant mère, la production d'une descendance végétative, soit en restant sur ce dernier (multiplication naturelle), soit en y étant détachés (bouturage).

b. Reproduction sexuée

Bien qu'ils soient rares, les inter-croisements réalisés par la plante dans certaines conditions naturelles existent. Ce mode de reproduction est valable pour les espèces telles que *Ananas ananassoides* et *Ananas bracteatus* qui donnent des fruits renfermant des graines.

1.5.2. Ecologie de la plante [2, 15, 23, 50]

La température est le principal facteur qui agit sur le développement de l'ananas. La température idéale est en moyenne de 25°C, avec des amplitudes journalières de 12°C.

L'ananas est une plante peu exigeante en eau. Les besoins théoriques sont de 3 à 4mm/jour soit 1200 à 1500 mm bien répartis au long de l'année. L'éclairement a une action très marquée sur le rendement et la coloration du fruit, 1500 heures d'insolation sont considérées comme un minimum. Une diminution de 20% de l'éclairement diminue le rendement de 10%. Dans les régions à faible éclairement, le fruit reste « terne » ; soumis à un éclairement normal, il présente un aspect brillant. À cause du système radiculaire fragile de la plante, elle exige des terres meubles, légères, bien aérées et perméables. Par ailleurs, l'ananas préfère le sol à pH acide (pH optimum 5,5) et il est sensible aux carences en azote et en potasse. Une faible altitude contribue à l'obtention d'ananas de bonne qualité. Mais il peut se développer jusqu'à une altitude de 1800 m.

1.5.3. Importance de l'ananas

L'ananas est essentiellement cultivé pour son fruit.

1.5.3.1. Valeurs nutritionnelles [14, 40]

L'apport énergétique de l'ananas est modéré et se situe dans la moyenne des fruits (au même niveau que l'apport énergétique des pommes, des prunes ou des poires) puisqu'il est en moyenne de 52 kilocalories pour 100 g de fruit.

La composition de 100g de pulpe d'ananas est :

Eau : 84,8 g

Glucide : 11,6 g

Protéine : 0,5 g

Lipide : 0,2 g

Fibre : 1,4 g

Principaux minéraux et oligo-éléments :

❖ Potassium : 125 mg

❖ Magnésium : 12 mg

❖ Calcium : 13 mg

❖ Phosphore : 9 mg

❖ Sodium : 1mg

❖ Fer : 0,3 mg

❖ Manganèse : 0,4 mg

❖ Zinc : 0,08 mg

❖ Cuivre : 0,08 mg

Vitamines

❖ A : 0,29 mg

❖ E : 0,1 µg

❖ K : 0,7 µg

❖ C : 18 mg

❖ B1 : 0,08 mg

❖ B2 : 0,03 mg

❖ B3 (PP) : 0,03 mg

❖ B5 : 0,16 mg

❖ B6 : 0,09 mg

❖ B9 : 14 µg

Ces valeurs sont susceptibles de varier selon divers paramètres : les variétés, la saison, le degré de maturité, les conditions de culture. L'ananas est constitué de 84,8 % d'eau, d'où sa pulpe très juteuse. Comme tous les fruits, l'énergie qu'il apporte est essentiellement fournie par les glucides (90% des calories). C'est pendant les dernières semaines de maturation que le taux des glucides augmente sensiblement, pour atteindre en moyenne 12 % (avant maturité, ce

taux ne dépasse pas 4 à 5 %). La teneur en protéine ainsi que la teneur en lipide restent très faible. La chair d'ananas est composée essentiellement d'acides gras poly-insaturés. La quantité d'acides gras mono-insaturés est assez faible car elle ne représente qu'un cinquième de l'ensemble. La teneur en acides gras saturés est négligeable et le fruit ne contient pas de cholestérol. Par ailleurs, l'ananas est une bonne source de fibres, ce qui facilite le transit intestinal. Ces fibres jouent un rôle majeur dans la texture de l'ananas. Elles sont surtout constituées de cellulose et d'hémicelluloses, et sont concentrées dans la partie interne du fruit. La pectine n'est présente qu'en très faible quantité (moins de 0,2 g aux 100 g). L'apport en minéraux de l'ananas est modérément abondant, mais très diversifié. Le potassium est la substance minérale la mieux représentée. Parmi les vitamines de l'ananas, il faut noter une teneur intéressante en vitamine C (acide ascorbique) de 18 mg aux 100 g, stimulant les défenses immunitaires. L'ananas est également une source de provitamine A, qui est indispensable à la croissance et à la reproduction des êtres humains et c'est aussi une vitamine importante pour la vision. La couleur de l'ananas est liée à la présence de cette vitamine : plus la chair est colorée plus le fruit en contient. Les vitamines du groupe B sont toutes représentées (à l'exception de la vitamine B12 absente du règne végétal).

1.5.3.2.Les vertus

a. La broméline [24, 38, 39]

L'ananas possède un certain nombre de vertus qui sont principalement dues à une enzyme protéolytique spécifique : la broméline. Elle se trouve à raison de 100 mg dans 100 g de fruit.

- L'ananas facilite la digestion de la viande. En effet, la broméline a une action similaire à la papaïne ou à la ficine, à la différence qu'elle ne présente pas d'inconvénients en cas d'ulcère de l'estomac ou de début de cancer de l'intestin.
- L'ananas a un pouvoir diurétique et une action importante dans l'élimination des toxines et substances trop concentrées
- L'ananas possède des propriétés anti-infectieuses et anti-inflammatoires.

La broméline est inhibée par la chaleur, donc l'ananas ayant subi des traitements thermiques (le jus d'ananas pasteurisé, le sirop d'ananas, les confitures d'ananas, ...) n'a plus d'activité protéolytique.

b. Les acides organiques

L'ananas contient aussi des acides organiques à 0,50 à 1,60 % (constitué d'environ 60% d'acide citrique, 36% d'acide malique, traces d'acide succinique, oxalique et non

identifiés) dont la proportion varie en fonction de la maturité du fruit. Cette acidité naturelle aide l'organisme à maintenir son équilibre acido-basique et facilite l'assimilation des aliments.

1.5.3.3.Utilisations

a. Le fruit

Le fruit peut être consommé sous trois formes : [2, 41]

- ❖ Soit à l'état frais, découpé en tranche ou en cubes, il sert de dessert
- ❖ Soit en tant qu'ingrédient dans différents plats cuisinés, souvent dans les plats aigres-doux, la pizza, le gâteau, la tarte.
- ❖ Soit transformé pour favoriser sa conservation. L'ananas est utilisé pour la fabrication d'une très vaste gamme de produits. (Cf. Annexe 7)

b. Les sous-produits [2]

Concernant l'ananas, tout est valorisable. En partant de la plante elle-même jusqu'aux déchets des industries de transformation du fruit (qui représentent jusqu'à la moitié du poids des fruits traités), une multitude de produits peuvent être obtenus. A titre d'exemples :

- A partir des deux bases et de la peau, se fait l'extraction du deuxième jus qui peut être valorisé dans la fabrication de boissons, alcool, acide citrique...
- Les couronnes et les feuilles peuvent servir en alimentation animal.

1.5.3.4.Situation actuelle de la filière

a. La situation mondiale

Les régions de culture de l'ananas se situent entre les tropiques du Cancer et du Capricorne (Afrique, Amérique du Sud et centrale, Asie). [11]

L'évolution de la production mondiale d'ananas est présentée dans le tableau suivant :

Tableau II: Production mondiale d'ananas [2, 37]

ANNEE	1980	1990	2000	2010
PRODUCTION (tonnes)	10 836 000	11 298 000	13 707 000	19 418 306

La production mondiale d'ananas n'a cessé d'augmenter, surtout entre 2000 et 2010. Les principaux producteurs en 2010 sont les Philippines (2 169 000 tonnes) assurant les 11,2% de la production mondiale, le Brésil (2 120 000 tonnes), le Costa Rica (1 977 000 tonnes) et la Thaïlande (1 925 000 tonnes). Le marché mondial est approvisionné par une variété dominante, l'ananas « Cayenne Lisse ». [7] La production d'ananas représente 23% de la production mondiale de fruits tropicaux. Le fruit occupe ainsi la deuxième place. [10]

b. La situation à Madagascar

A Madagascar, la production annuelle d'ananas peut atteindre jusqu'à 51 000 tonnes pour une superficie de 8 700 ha soit un rendement de 6 tonnes par hectare. [25]

Les deux principales régions de production à Madagascar sont : [24]

- Les Hautes Terres : Talatanivolondry, Fihaonana, Arivonimamo, Ambatofotsy, Mandoto.
- La Côte Est : Sambirano, Maroantsetra, Soanierana, Mananara, Fénérive Est, Vatomandry, Brickaville, Mahanoro, Mananjary, Ifanadiana, Farafangana, Vangaindrano.

La récolte de l'ananas peut être répartie sur toute l'année avec deux phases de grosse production (Novembre-Décembre, Février-Mars-Avril). Le calendrier de récolte est présenté dans l'annexe 8.

L'ananas abonde les marchés durant la saison des pluies, notamment au cours du 1^{er} bimestre de l'année. Le prix d'ananas varie suivant la Région de production. Les Régions de Haute Matsiatra et de Vakinankaratra, connaissent les prix les plus bas (allant de 280 Ar/kg et 330 Ar/kg). Dans les Régions d'Itasy et d'Analamanga, les prix observés sont assez élevés en s'étalant entre 600 et 750 Ar/kg. Les Régions d'Alaotra Mangoro, de Bongolava et de Sofia ont enregistré des prix tournant autour de 1000 Ar/kg. [57]

1.6.Généralités sur le pok-pok

Le pok-pok (*Physalis peruviana* L.), aussi appelé coqueret du Pérou ou groseille de cap, est une baie orange, sucrée et acidulée à maturité, issue de la plante vivace du même nom. [3]

1.6.1. Botanique

1.6.1.1. Classification et dénomination

Le pok-pok est classé dans :

Règne : Végétal

Embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous-classe : Asteridae

Ordre : Solanales

Famille : Solanacées

Genre : *Physalis*

Espèce : *Physalis peruviana* Linné



Figure 3: Plant de *physalis peruviana*

Noms vernaculaires : « Voanatsindrana », « Voanantsinorana » (Malagasy) – « Pok-pok » ou « poc-poc » (Créole) - « Groseille de cap », « Coqueret du Pérou » (Français) – « Cape gooseberry », « Goldenberry » (Anglais) [5]

Cette plante appartient à la famille des solanacées, qui comprend notamment la tomate, l'aubergine, le poivron et la pomme de terre. [40]

1.6.1.2. Description morphologique [3, 9, 47]

Le pok-pok est une plante herbacée peu décorative. Elle est dressée et est entièrement pubescente avec des poils simples. La hauteur de la plante est en moyenne 45-90 cm mais peut atteindre 100-150 cm.

❖ **Les feuilles** du pok-pok, en forme de cœur, sont pétiolées, légèrement dentées, persistantes, pointues et recouvertes d'un léger duvet. Elles mesurent en moyenne 6 à 10 cm de longueur.

❖ **Les fleurs** du pok-pok sont des fleurs solitaires insérées à l'aisselle des ramifications. Elles sont penchées et campanulées (en forme de clochette). Les fleurs sont pourvues d'un calice d'une longueur de 7-10 mm à lobes étroitement lancéolés et à cinq pointes. La corolle mesurant 10-15 mm est de couleur jaune avec une tache noire en forme d'œil. Le pok-pok est une plante hermaphrodite dont la formule florale est la suivante : 5 sépales + 5 pétales + 5 étamines + 2 carpelles.



Figure 4: Fleurs de pok-pok [cliché auteur, 2012]

❖ **Le fruit** de pok-pok est une baie juteuse entourée d'un calice (sépales soudés formant une fine membrane et ressemblant à un lampion) non comestible, de couleur verte, qui se dessèche et vire au marron à maturité. Le fruit mûr, de 1-2cm de diamètre, est jaune-orangé et contient de nombreuses petites graines. Il est de saveur sucrée, aromatique et légèrement aigrelette.



Figure 5: Fruits de pok-pok [47]

1.6.1.3. Mode de multiplication [46]

La plante est majoritairement multipliée par semis, étant donné que dans un kilo il y a 10000 à 16000 graines. Les semences sont recueillies sur des plants robustes et jeunes, à l'intérieur des gros fruits. La phase végétative du pok-pok est développée en annexe 10. Cependant, comme beaucoup de Solanaceae, le pok-pok se prête parfaitement au bouturage. Pour avoir de nouveaux pieds, les boutures de racines sont plantées.

1.6.2. Ecologie de la plante [3]

Le pok-pok est une espèce relativement rustique, s'accommodant de nombreuses écologies. Il est très peu exigeant en nutriments et en eau du fait de sa rusticité. Néanmoins, la plante a besoin d'être arrosée de manière uniforme afin d'avoir des fruits de qualité. Pour une croissance optimale, elle demande 20mm d'eau par semaine. Le pok-pok craint les sols mal drainés et asphyxiants. Les sols qui lui conviennent le mieux sont de type sablo-limoneux ou de type argilo-limoneux et de préférence de pH neutre (mais elle peut tolérer un pH dans la plage 4,5 à 8,2). L'apport d'engrais entraîne un développement trop important des feuilles et diminue la floraison. Le pok-pok a besoin d'une température optimum de 18°C pour pousser. Les parties aériennes gélent à -3°C. La plante se développe surtout dans des zones à haute altitude sur les pentes montagneuses de 800 à 3000 m d'altitude. Celles cultivées à des altitudes plus basses produisent généralement des fruits plus petits.

1.6.1. Importance du pok-pok

1.6.1.1. Valeurs nutritionnelles [27, 52]

Le pok-pok est un fruit très apprécié pour sa richesse nutritionnelle.

L'apport énergétique du pok-pok est élevé pour 100 g de partie comestible du fruit entier, soit 88,72 kilocalories. La composition moyenne de ce fruit est la suivante :

Eau : $80,97 \pm 1,65$ g

Glucide : 13,22 g

Protéine : $1,85 \pm 0,31$ g

Lipide : $3,16 \pm 0,32$ g

Fibre : 4,9 g

Principaux minéraux et oligo-éléments :

❖ Potassium : $347,00 \pm 2,5$ mg

❖ Magnésium : $34,70 \pm 1,50$ mg

❖ Calcium : $9,00 \pm 1,00$ mg

❖ Phosphore : 55,3 mg

❖ Sodium : $1,10 \pm 0,10$ mg

❖ Fer : $1,47 \pm 0,18$ mg

❖ Manganèse : $0,26 \pm 0,02$ mg

❖ Zinc : $0,49 \pm 0,08$ mg

❖ Cuivre : $0,28 \pm 0,03$ mg

Vitamines

❖ A : 0,9 mg

❖ C : 43 mg

❖ B1 : 0,101 mg

❖ B2 : 0,032 mg

❖ B3 (PP) : 1,73 mg

Les baies de pok-pok sont constituées de 81% d'eau. La teneur en glucide prédomine mais les protéines et les lipides qu'il contient sont exceptionnellement élevés pour un fruit. Les baies de pok-pok fournissent également une excellente source de fibres. La teneur en solides solubles du jus de pok-pok est comprise entre 11 et 14. La teneur en cendre de fruits entiers de pok-pok est de 800 ± 30 mg/100g. Ce fruit est une très bonne source de matières minérales constituées en majorité par du potassium. Il a également un taux exceptionnel en phosphore. Concernant les vitamines, le pok-pok est très riche en vitamine A et il constitue

aussi une importante source de vitamine C. Il possède également certaines vitamines du groupe B. Concernant la composition en acide gras, les baies de pok-pok sont constituées essentiellement d'acides gras poly-insaturés dont la majeure partie est composée d'acide linoléique (72,42% en poids de l'acide gras total), suivi des acides gras mono-insaturés dominés par l'acide oléique (environ 13%) et enfin des acides gras saturés dont le composant le plus important est l'acide palmitique avec une proportion de 9,38%.

1.6.1.2.Les vertus [42, 52]

L'importance du pok-pok est basée sur sa teneur en minéraux et en vitamines qui sont indispensables pour la croissance, le développement et le fonctionnement correct des différents organes humains. Actuellement, le pok-pok est beaucoup utilisé à des fins thérapeutiques. En effet, il rétablit et fortifie le nerf optique. Grâce à ses propriétés diurétiques, le pok-pok favorise le traitement des personnes atteintes de prostate et aide à purifier le sang ainsi il est recommandé pour les personnes souffrant de tout type de diabète. Par ailleurs, il soulage la toux et les maux de gorge. Sa richesse en fibres facilite le transit intestinal. Cependant, il ne faut pas consommer des fruits encore verts car ils contiennent assez de solanine pour déclencher une diarrhée.

1.6.1.3.Utilisations

a. Le fruit [42, 43]

Le pok-pok est habituellement cuit mais il peut se manger cru (tel quel ou dans les salades de fruits et les salades composées). On l'utilise pour faire des tartes, des sorbets et de la crème glacée. Tout comme l'ananas, le pok-pok est utilisé pour la fabrication d'une très vaste gamme de produits pour favoriser sa conservation (confiture, gelée, marmelade, chutneys, jus, nectars, pok-pok au sirop, sirop de pok-pok...). Sa richesse en acides gras poly-insaturés offre une possibilité d'en faire une huile.

Le pok-pok se conserve au plus 2 jours au réfrigérateur. Le calice entourant le fruit permet à ce dernier de se conserver à température ambiante pendant 30 à 45 jours.

b. La plante [44, 47]

Le pok-pok est un fongicide très performant contre la rouille et l'oïdium des cultures légumières. Il fait partie de ces plantes à potentiel thérapeutique et dont la culture peut ouvrir sur des débouchés dans l'industrie pharmaceutique.

1.6.1.4.Situation actuelle de la filière

a. La situation mondiale [21, 42]

Le pok-pok est un fruit qui est encore fortement négligé. Mais c'est une plante qui pousse facilement et on la retrouve sur les cinq continents. Il est surtout cultivé pour ses fruits.

b. La situation à Madagascar [8, 26, 57]

Le pok-pok est resté longtemps un fruit peu connu et négligé. Son commerce s'est limité à la vente des fruits sauvages (à 15 mm de diamètre au maximum) cueillis sur les Hautes Terres. Le Centre Technique Horticole d'Antananarivo (CTHA) estime en 2003 la production nationale annuelle à environ 20 tonnes récoltées entre mi-novembre et fin juillet. Pour dynamiser cette filière, de nouvelles variétés de couleur jaune orangée qui présentent un calibre de 20 mm et dont le rendement théorique peut aller jusqu'à 12 tonnes/ha ont été introduites à Madagascar. Ainsi, en 2006, la production nationale a augmenté jusqu'à 30 tonnes, réparties sur les zones représentées par la figure suivante:



Figure 6 : Région productrice de Pok-pok à Madagascar (tonnes) [8]

La Région de Vakinankaratra est la première zone de production de pok-pok soit 50% de la production totale.

La répartition des Physalis varie suivant les zones et les périodes de production, donnée par le tableau suivant :

Tableau III: Répartition de la production de pok-pok dans l'espace et dans le temps [8]

ZONES	Juil	Aoû	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin
Analamanga	—	—	-----	-----	-----	—	—	—	—	—	—
Vakinankaratra	—	—	-----	-----	-----	—	—	—	—	—	—
Soavinandriana	—	—	-----	-----	-----	—	—	—	—	—	—
Anjyro	—	—	-----	-----	-----	—	—	—	—	—	—
Ambositra/ Ambatofitorahana	—	—	-----	-----	-----	—	—	—	—	—	—

— Préparation du sol
 Plantation
 — Entretien et production
 — Récolte

La période de culture dépend des zones de production (différence de climat, de sol...). Cela permet une entrée en production plus précoce pour Anjyro et Soavinandriana et une production tardive jusqu'à mi-juillet pour Ambositra/Ambatofitorahana.

Le prix du pok-pok est de 1 300 ariary/kg en moyenne chez le producteur. [57]

1.7. Conclusion partielle 1

Le vinaigre est une substance qui peut être obtenue soit par un procédé biologique de la double fermentation, alcoolique et acétique, de liquides ou d'autres substances d'origine agricole soit par la dilution d'acide acétique glacial, appelé vinaigre artificiel. Ce dernier peut être amélioré et enrichi par ajout de sirop de fruit. De ce fait, les fruits sont également conservés et valorisés. Les fruits choisis pour la fabrication étaient l'ananas et le pok-pok. D'une part, l'ananas est un fruit juteux et parfumé, très connu par la population malgache d'autant plus qu'il est rencontré dans l'île pendant toute l'année. Ce fruit apporte une valeur énergétique modérée et possède un certain nombre de vertus. D'autre part, le pok-pok est classé parmi les espèces fruitières d'importance secondaire alors qu'il possède non seulement des propriétés nutritionnelles exceptionnelles mais également des propriétés thérapeutiques. La conception des vinaigres aromatisés par les sirops de ces deux fruits se trouve dans la seconde partie de cet ouvrage.

Partie II : Conception des vinaigres au sirop d'ananas et au sirop de pok-pok



PARTIE II : CONCEPTION DES VINAIGRES AU SIROP D'ANANAS ET AU SIROP DE POK-POK

La ligne générale de fabrication de vinaigre au sirop de fruit comporte plusieurs étapes regroupées en cinq grandes parties dans le diagramme suivant:

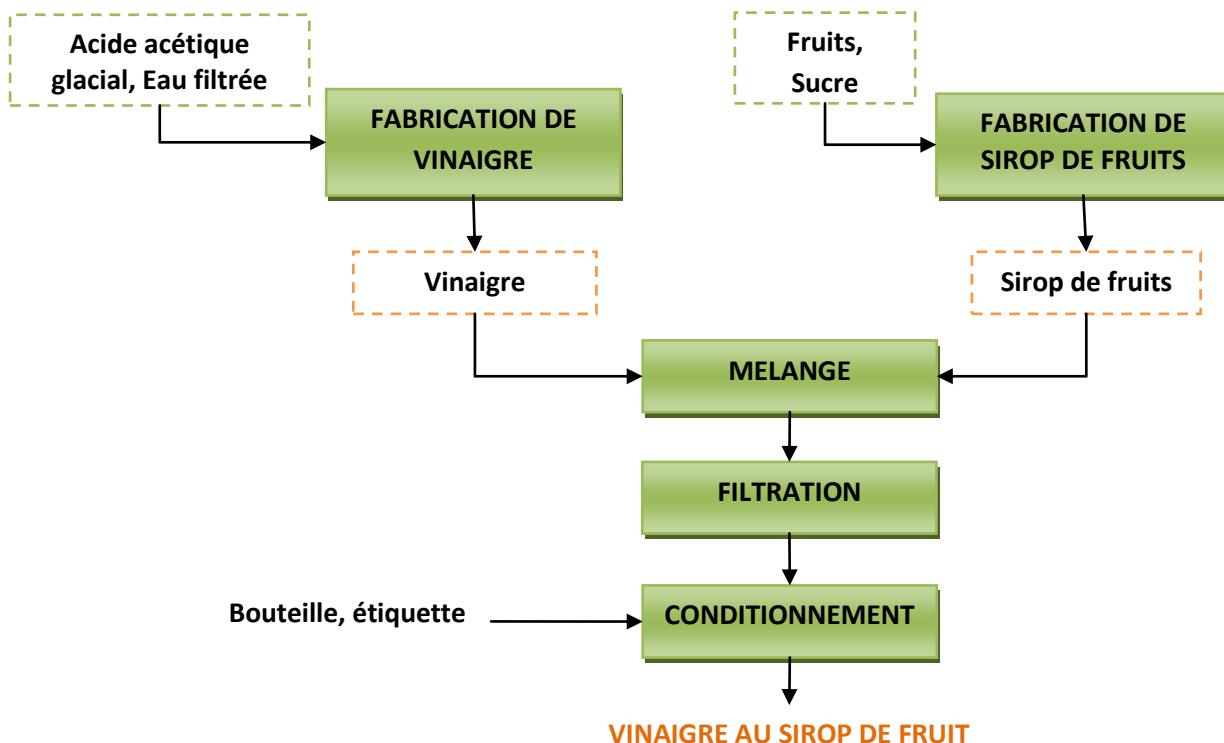


Figure 7: Procédés de fabrication du vinaigre au sirop de fruit

2.1.Mise au point de la fabrication de vinaigre

Le vinaigre est essentiellement une solution aqueuse diluée d'acide acétique: CH₃COOH. Ainsi le procédé mis en œuvre pour la fabrication de vinaigre est la dilution de l'acide acétique glacial. Cette méthode est facile à réaliser, moins coûteux et s'effectue très rapidement.

2.1.1. Matériels

2.1.1.1. Matières premières

- L'acide acétique glacial**

L'acide acétique glacial utilisé pendant l'expérimentation est concentré à 99,85 %, contenu dans un bidon en plastique, avec un poids net de 25kg. La manipulation de ce produit nécessite une grande attention pour prévenir les risques liés à ses caractéristiques physico-



Figure 8: Acide acétique glacial [cliché auteur, 2012]

chimiques. (Cf Annexe 15)

- **L'eau**

Pour assurer la salubrité des produits, l'eau employée est l'eau filtrée par la société Dom'eau. L'eau de la JIRAMA est ainsi purifiée, exempte des éventuelles matières en suspension, des bactéries, de mauvais goût ou de mauvaise odeur.

2.1.1.2.Outils de travail

Les outils de travail mis en œuvre sont :

- Des seaux en plastique pour contenir les produits
- Une balance pour le pesage des produits

2.1.2. Méthodes

2.1.2.1.Choix des concentrations acétiques

D'après la norme européenne, la concentration acétique du vinaigre correspond à son acidité totale exprimée en grammes par 100 ml, mentionnée sur l'étiquette par "... % d'acidité". La teneur en acide total du vinaigre ne doit pas être inférieure à 50 g dans 1 000 ml, calculée en acide acétique pur. Cependant, d'après le résultat des enquêtes effectuées auprès des consommateurs de vinaigres, les vinaigres qu'ils utilisent, ayant une concentration d'acide acétique de 6%, provoquent chez eux des irritations des voies respiratoires et digestives. Par conséquent, pendant l'expérimentation, l'acide acétique a été dilué en vue d'obtenir les concentrations suivantes : 2, 3, 4, 5 et 6%. Le degré acétique final ne va être choisi qu'après des analyses sensorielles des vinaigres au sirop de fruits. Au cours de cette étude, la définition de la concentration acétique d'un vinaigre retenue est la masse, en gramme, d'acide acétique contenue dans 100 g de solution de vinaigre [48].

2.1.2.2.Calcul de la masse des matières premières

La figure suivante montre la manière dont l'acide acétique glacial est dilué.

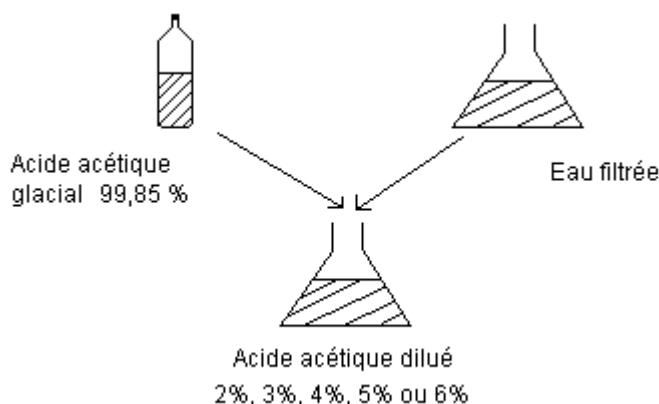
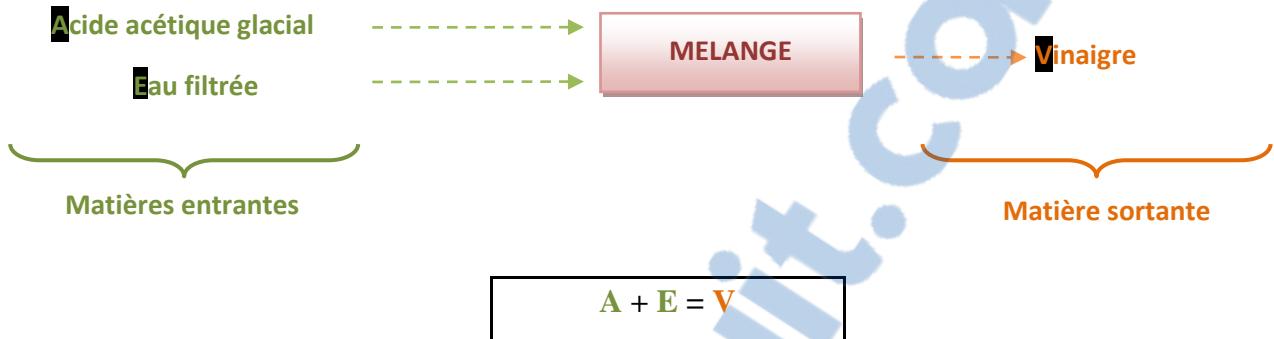


Figure 9: Dilution de l'acide acétique glacial

La quantité de matières premières pour la dilution est déterminée à partir du calcul de bilan matière.



Avec

A : La masse de l'acide acétique glacial utilisé ayant une concentration en acide acétique de 99,85%

E : La masse d'eau filtrée utilisée

V : la masse du vinaigre obtenu

Tableau IV: Données sur les matières entrantes et les matières sortantes pendant la fabrication de vinaigres

	MATIERES ENTRANTES				MATERIE SORTANTE	
	Acide acétique glacial 99,85°		Eau filtrée		Vinaigre	
	Concentration en acide acétique (%)	Masse (g)	Concentration en acide acétique (%)	Masse (g)	Concentration en acide acétique (%)	Masse (g)
1 ^{er} cas : 2°	99,85	A ₂	0	E ₂	2	V ₂
2 ^{ème} cas : 3°	99,85	A ₃	0	E ₃	3	V ₃
3 ^{ème} cas : 4°	99,85	A ₄	0	E ₄	4	V ₄
4 ^{ème} cas : 5°	99,85	A ₅	0	E ₅	5	V ₅
5 ^{ème} cas : 6°	99,85	A ₆	0	E ₆	6	V ₆

- Bilan des matières totales (BMT) : $A + E = V$ (1)
- Bilan d'acide acétique (BAA) : $(0,9985 \times A) + (0 \times E) = (C \times V)$ (2); avec **C** la concentration de l'acide acétique dans le vinaigre obtenu

$$\text{D'après (2), } 0,9985 \times A = C \times V \Rightarrow A = \frac{C \times V}{0,9985}$$

$$\text{Et d'après (1), } E = V - A$$

2.1.2.3. Contrôle de l'acidité

L'acidité du vinaigre est contrôlée afin de vérifier et justifier les dilutions effectuées.

❖ **pH ou Potentiel Hydrogène :** C'est la mesure du coefficient caractérisant l'acidité ou la basicité d'un milieu, il représente la concentration des ions H⁺ d'une solution.

Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre dont l'électrode de verre est calibrée à l'aide des solutions tampons pH = 4,00 et pH = 7,00. Le résultat est donné avec une décimale. Trois mesures ont été effectuées et c'est la moyenne qui est prise en compte pour le résultat.

❖ **Acidité totale en acide acétique :** [17]

Comme l'acide acétique est un acide organique faible, il est dosé par titrimétrie avec une base forte comme la soude à 0,01 N en présence de phénolphthaleïne en solution alcoolique, comme indicateur. Ce dernier est approprié pour un dosage acide faible - base forte, il vire à pH = 8,9 de l'incolore au rose. Ces analyses se sont réalisées au niveau du laboratoire IAA. Le mode opératoire est donné dans la partie expérimentale 4.

Pour obtenir la concentration en acide acétique contenu dans les vinaigres, la formule employée est :

$$\%A = CB \times f$$

CB : Chute de burette ou consommation du réactif en ml

f : facteur de conversion pour l'acide acétique. (f = 0,06)

2.1.3. Résultats

Les vinaigres produits sont des liquides incolores, à odeur et goût caractéristiques qui sont de plus en plus prononcés au fur et à mesure que la concentration en acide acétique augmente.

2.1.3.1.La quantité des matières premières utilisées et pH des vinaigres obtenus

Pour obtenir des vinaigres de 2°, 3°, 4°, 5° et 6°, la proportion d'acide acétique et d'eau utilisés est donnée dans le tableau suivant :

Tableau V: Quantité des matières premières utilisées et caractéristiques des vinaigres

Vinaigres	Proportion des matières premières (%)		pH mesurés	Vérification des degrés acétiques	
	Acide acétique 99,85%	Eau filtrée		CB (ml)	Concentrations en acide acétique (%)
2°	2	98	2,60	33,5	2,01
3°	3	97	2,51	50,3	3,018
4°	4	96	2,45	66,7	4,002
5°	5	95	2,40	83,5	5,01
6°	6	94	2,35	100,2	6,012

Les résultats trouvés pendant la mesure du pH et la titrimétrie sont en accord avec les résultats attendus. Les analyses réalisées justifient ainsi toutes les formules établies pour la dilution.

2.2.Mise au point de la fabrication de sirop d'ananas et pok-pok

Le sirop de fruit est une manière de conserver naturellement et longtemps des jus de fruits. En outre, il est facile à réaliser et ne demande pas beaucoup d'investissements. A cause de ses propriétés de solubilité, le sirop de fruit peut facilement être utilisé pour aromatiser diverses préparations. La fabrication de sirop de fruit permet de valoriser le fruit en question car ses qualités organoleptique et nutritionnelle sont en grande partie conservées.

2.2.1. Matériels

2.2.1.1.Matières premières

a. Les fruits

Les échantillons de fruits choisis gardent la même provenance que celle des fruits utilisés par la Société. Leurs caractéristiques sont précisées plus en détails dans le tableau suivant :

Tableau VI: Caractérisation des fruits

CARACTERISATION	ANANAS	POK-POK
Variétés	<i>Cayenne lisse</i>	Variété locale
	Ce sont les variétés les plus rencontrées à Madagascar	
Origines	Région Itasy-Arivonimamo	Antanifotsy-Antsirabe
Critères de qualités minimales exigés	<ul style="list-style-type: none"> • lourd dans la main et ferme au toucher • normalement développé et sans déformation • coiffé d'une couronne bien verte et rigide • de maturité et de colorations satisfaisantes (Ananas tournant, demi-mûr et mûr) (Cf. Annexe 11) 	<ul style="list-style-type: none"> • entiers, avec ou sans calice (indice de maturité : calice cassant) • avec une consistance ferme, • d'un aspect frais (peau douce et brillante), • de coloration uniforme (vert jaune à jaune), • de calibre homogène • exempts de tout corps étranger visible.

En outre, des analyses physico-chimiques ont été effectuées sur les jus de chaque fruit, au sein de la société et du laboratoire IAA selon des modes opératoires, semblables à ceux des sirops de fruit et des vinaigres, qui vont être détaillés dans les parties expérimentales 1, 2 et 3.

Les paramètres à étudier sont :

- le taux en matières sèches solubles : observé à l'aide d'un réfractomètre portatif à l'usine.
- le taux en matières sèches solubles et la teneur en eau : obtenus après analyses au laboratoire IAA.
- le pH : mesuré à l'aide d'un pH-mètre muni d'électrodes de verre.

Le tableau suivant montre les caractéristiques physico-chimiques des jus d'ananas et de pok-pok :

Tableau VII: Caractéristiques physico-chimiques des jus d'ananas et de pok-pok

Caractéristiques physico-chimiques	Ananas	Pok-pok
Matières sèches solubles (°Brix)	12,5	13
Matières sèches totales (%)	14,54	19,25
Teneur en eau (%)	85,46	80,75
pH	3,86	3,58

La détermination au préalable de ces caractéristiques physico-chimiques est essentielle pour des raisons techniques et pour pouvoir estimer les caractéristiques des sirops à obtenir.

La teneur en matières sèches solubles permet de vérifier, par le calcul, la quantité de produits obtenus après l'opération de cuisson-concentration.

Un pH acide inférieur à 4 assure que les bactéries pathogènes ne se développent pas, ce qui est un facteur de sécurité pour les consommateurs. C'est également un facteur important pour la saveur du produit.

b. Le sucre

Le sucre utilisé est le sucre ordinaire du commerce, issu de la canne à sucre. Il s'agit du sucre blanc purifié et cristallisé. La dissolution de ce sucre est plus rapide par rapport aux autres types.

c. L'eau

L'eau entre dans la fabrication du sirop de fruit, uniquement pour le procédé III, à des proportions bien déterminées. Elle a la même qualité que celle employée pour la fabrication de vinaigre.

2.2.1.2.Outils de travail

Les matériels consacrés pour la mise au point des sirops de fruits sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau VIII: Matériels utilisés pour la mise au point des sirops de fruits

Etapes concernées	Matériels	Utilisations
Prétraitements, Procédé I, Procédé II, Procédés III	Table en inox	Surface de travail
	Balance électronique	Pesage : des ingrédients, des produits finis
	Réfractomètre	Mesure du degré Brix
	Récipients : Seau plastique, cuvette plastique, doseur gradué, timbale	Contenance des préparations, transvasement
Prétraitements	Ph-mètre	Contrôle du pH
	Couteau	Découpage des matières premières
Procédé I, Procédé II, Procédé III	Marmite fabriqué en cuivre étamé	Cuisson-concentration
	Louche	Agitation, homogénéisation
	Passoir	Tamisage
Procédé II	Broyeur à lames	Broyage
	Voile, tissus de tergal	Filtration

2.2.2. Méthodes

2.2.2.1.Choix de la technologie appropriée

Comme il existe trois procédés de fabrication de sirop de fruit (procédé I, procédé II et procédés III), seul celui qui présente le plus d'avantages sera retenu.

Ainsi, pour choisir la technologie appropriée, une comparaison entre les trois a été réalisée en analysant leurs avantages et inconvénients, suivant quelques critères tels que les rendements, la quantité et le coût des matières premières afin d'obtenir une même quantité de sirop pour les trois méthodes, la valorisation des sous -produits, la durée de fabrication, la facilité de réalisation, la qualité des sirops de fruit.

2.2.2.2.Calcul des rendements

La connaissance des valeurs du rendement permet d'évaluer la quantité de matières premières nécessaires à la transformation.

a. Les rendements à chaque étape de fabrication

Toute transformation présente inévitablement des pertes durant le processus. Les rendements sont calculés au niveau des opérations qui engendrent ces pertes.

➤ Prétraitements

Les rendements de chaque étape des prétraitements permettent de prévoir la quantité de fruits préparés entrants dans la transformation. Ils sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau IX: Rendements et pertes trouvés à chaque étape de prétraitements des fruits

Fruits	Prétraitements	Rendement (%)	Pertes
	Triage	$\frac{\text{Fruits triés} \times 100}{\text{Fruits bruts}}$	La perte est due à l'élimination des débris, des impuretés grossiers, et des fruits ne correspondant pas aux critères attendus.
A N A N A S	Enlèvement de la couronne	$\frac{\text{Fruits amputés} \times 100}{\text{Fruits bruts}}$	Les fruits sont amputés de leur couronne qui constitue la perte à cette étape.
	Lavage/ égouttage	$\frac{\text{Fruits lavés} \times 100}{\text{Fruits bruts}}$	La perte est due à l'enlèvement des impuretés comme la terre, le sable, les résidus chimiques et les microorganismes superficiels
	Etêtage/ équeutage/ épluchage	$\frac{\text{Fruits épluchés} \times 100}{\text{Fruits bruts}}$	La perte est composée des deux bases et de la peau du fruit. Dans diverses transformations de l'ananas, l'écoûrage est également effectué mais pour l'obtention de sirop ou de jus cette opération n'est pas nécessaire vu que le cœur donne aussi du jus de bonne qualité.
D	Découpage	$\frac{\text{Fruits découpés} \times 100}{\text{Fruits bruts}}$	La perte est surtout causée par l'exsudation du jus pendant la manipulation.
P O K - P O K	Séparation de calice	$\frac{\text{Fruits séparés des calices} \times 100}{\text{Fruits bruts}}$	La perte est due à l'enlèvement de la membrane non comestible qui entoure la baie. Bien que ce travail soit fastidieux, il se réalise manuellement.
	Triage, lavage et égouttage	$\frac{\text{Fruits triés et lavés} \times 100}{\text{Fruits bruts}}$	Le triage s'effectue dans l'eau en même temps que le lavage. La perte provient alors de l'élimination des diverses impuretés et des fruits de mauvaises qualités

➤ Procédés I, II et III

Durant les expérimentations, les rendements aux différentes étapes de transformation, ayant de l'influence sur la quantité du produit, sont calculés de la manière suivante :

$$\text{Rendement d'une étape} (\%) = \frac{\text{Masse trouvée à l'étape concernée} \times 100}{\text{Masse trouvée à l'étape précédente}}$$

Les étapes concernées pour les trois procédés sont données par le tableau suivant :

Tableau X: Etapes concernées par le calcul de rendement à chaque étape

Procédés	Etapes concernées et Produits obtenus	Etapes précédentes et Produits	Rendement (%)	Pertes
Procédé I	DECOUPAGE : <i>Fruits découpés</i>	TRIAGE / LAVAGE / EGOUTTAGE : <i>Fruits préparés</i>	$\frac{\text{Fruits découpés} \times 100}{\text{Fruits préparés}}$	Produits collés sur les matériels
	TAMISAGE : <i>Jus sucré</i>	MACERATION : <i>Fruits macérés</i>	$\frac{\text{Jus sucré} \times 100}{\text{Fruits macérés}}$	Fruits découpés sucrés, produits collés sur les matériels
	CUISSON-CONCENTRATION : <i>Sirop</i>	TAMISAGE : <i>Jus sucré</i>	$\frac{\text{Sirop} \times 100}{\text{Jus sucré}}$	Eau, Produits collés sur les matériels
Procédé II	BROYAGE : <i>Suspension épaisse homogène (Broyat)</i>	DECOUPAGE : <i>Fruits préparés</i>	$\frac{\text{Broyat} \times 100}{\text{Fruits préparés}}$	Produits collés sur les matériels
	FILTRATION : <i>Jus</i>	BROYAGE : <i>Suspension épaisse homogène (Broyat)</i>	$\frac{\text{Jus} \times 100}{\text{Broyat}}$	Déchets de filtration (pulpes, peau et graines pour le pok-pok)
	CUISSON-CONCENTRATION : <i>Sirop</i>	MELANGE : <i>Jus + Sucre</i>	$\frac{\text{Sirop} \times 100}{\text{Jus + Sucre}}$	Eau, Produits collés sur les matériels
Procédé III	CUISSON-CONCENTRATION : <i>Mélange hétérogène (Fruit cuit + Sirop)</i>	MELANGE : <i>Fruits préparés + Sucre + Eau</i>	$\frac{\text{Mélange hétérogène} \times 100}{(\text{Fruits préparés} + \text{Sucre} + \text{Eau})}$	Eau, Produits collés sur les matériels
	TAMISAGE : <i>Sirop</i>	REFROIDISSEMENT : <i>Mélange hétérogène (Fruit cuit + Sirop)</i>	$\frac{\text{Sirop} \times 100}{\text{Mélange hétérogène}}$	Fruit cuit

Remarques : Le découpage au niveau du procédé I est propre au pok-pok. Comme le sucre doit être en contact avec la pulpe des fruits pour en extraire le jus, il est indispensable de découper les pok-pok avant la macération.

b. Le rendement global

Le rendement global permet de prévoir la quantité de produit fini dès la connaissance des matières entrantes dans la transformation. Ce rendement est obtenu par la formule suivante :

$$\text{Rendement global} (\%) = \frac{\text{Masse de sirop de fruit obtenu} \times 100}{\text{Masse des matières entrantes}}$$

Les matières entrantes sont les fruits préparés et le sucre, ces derniers sont additionnés de l'eau pour le troisième procédé.

2.2.2.3.La durée de fabrication et facilité de réalisation

La durée de fabrication est évaluée selon la durée des étapes réalisées pour chaque procédé afin d'en conclure le jour d'obtention du sirop.

La facilité de réalisation est estimée suivant la disponibilité des matériels employés pour chaque procédé et la simplicité des étapes effectuées.

2.2.2.4.La qualité des sirops de fruit

a. Caractéristiques physico-chimiques

Des analyses sont effectuées pour connaître les caractéristiques physico-chimiques des sirops de fruits. Les paramètres à étudier sont le taux en matières sèches solubles, le taux en matières sèches solubles et la teneur en eau.

b. Description et caractéristiques organoleptiques

La description des sirops de fruits permet déjà d'estimer les caractéristiques organoleptiques qu'auront les vinaigres qu'ils vont aromatiser.

Des descripteurs sont évalués à l'aide d'une échelle allant de 0 à 5. Il s'agit de :

- L'aspect sirupeux : une consistance suffisamment sirupeuse est requise pour attribuer l'appellation « sirop » ;
- La couleur des fruits: l'ananas et le pok-pok ont chacun une couleur caractéristique qui devrait être conservée dans le sirop de fruits.
- L'arôme et le goût des fruits : le fruit, qui est le constituant de base du sirop, doit être reconnu par son arôme et son goût.
- Les autres goûts perçus:

- le goût sucré, surtout apporté par le sucre ajouté mais aussi par le sucre naturel du fruit
- le goût acide, apporté par le fruit.

2.2.2.5.La quantité de matières premières

La quantité des matières premières mises en œuvre, pour obtenir une même quantité de sirop de fruits, est calculée pour les trois procédés. Cela permet de prévoir lequel de ces derniers est le plus rentable.

2.2.3. Résultats

2.2.3.1.Rendements

a. Les rendements à chaque étape de fabrication

➤ **Prétraitements**

Durant les prétraitements des matières premières, les valeurs moyennes des rendements à chaque étape sont calculées et données dans le tableau suivant :

Tableau XI: Rendement en pulpes de fruits

	Opérations unitaires	Rendement (%)
ANANAS	RECEPTION	100
	TRIAGE	97
	ENLEVEMENT DE LA COURONNE	85
	LAVAGE/EGOUTTAGE	84,8
	ETÈTAGE/EQUETAGE/EPLUCHAGE	54,8
	DECOUPAGE	53
POK-POK	RECEPTION	100
	SEPARATION DE CALICE	76,5
	TRIAGE/LAVAGE/EGOUTTAGE	72

Les prétraitements des pok-pok prennent plus de temps que ceux de l'ananas. C'est surtout dû à la séparation de calice. Cependant, le rendement en baie de pok-pok est nettement plus élevé que le rendement en pulpe d'ananas. En effet, 100 kg d'ananas donnent 53 kg de pulpe tandis que 100 kg de pok-pok donnent 72 kg de baies.

➤ **Procédés I, II et III**

Les rendements aux étapes des trois procédés sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau XII: Rendements aux étapes concernées donnés en %

Procédé I				Procédé II				Procédé III				
	OPERATIONS UNITAIRES	PRODUITS	(%)		OPERATIONS UNITAIRES	PRODUITS	(%)		OPERATIONS UNITAIRES	PRODUITS	(%)	Pour 100kg de matières entrantes (kg)
A N A N A S	Prétraitements	Fruits préparés		50	Prétraitements	Fruits préparés		61,37	Prétraitements	Fruits préparés		40,9
	Addition de sucre	Sucre		50	Broyage	suspension épaisse homogène	96,56	59,25	Addition de sucre	Sucre		50
	Mélange	Fruits préparés		100	Filtration	Jus	65,2	38,63	Addition d'eau	Eau		9,1
	Macération	Fruits préparés + sucre + Jus		100	Addition de sucre	Sucre		38,63	Mélange	Fruits préparés + Sucre+Eau		100
	Tamisage	Jus sucré	67,85	67,85	Mélange	Jus + Sucre		77,26	Cuisson-concentration	Mélange (Fruit cuit + Sirop)	83,62	83,62
	Cuisson-concentration	Sirop	81,6	55,37	Cuisson-concentration	Sirop	76,10	58,80	Refroidissement	Mélange (Fruit cuit + Sirop)		83,62
	Refroidissement	Sirop		55,37	Refroidissement	Sirop		58,80	Tamisage	Sirop	71,33	59,65
P O K - P O K	Prétraitements	Fruits préparés		50,14	Prétraitements	Fruits préparés		62,10	Prétraitements	Fruits préparés		40,9
	Découpage	Fruits découpés	99,45	49,86	Broyage	suspension épaisse homogène	94,63	58,76	Addition de sucre	Sucre		50
	Addition de sucre	Sucre		49,86	Filtration	Jus	64,5	37,90	Addition d'eau	Eau		9,1
	Mélange	Fruits préparés		99,72	Addition de sucre	Sucre		37,90	Mélange	Fruits préparés + Sucre+Eau		100
	Macération	Fruits préparés + sucre + Jus		99,72	Mélange	Jus + Sucre		75,80	Cuisson-concentration	Mélange (Fruit cuit + Sirop)	84,64	84,64
	Tamisage	Jus sucré	65,41	65,23	Cuisson-concentration	Sirop	75,40	57,14	Refroidissement	Mélange (Fruit cuit + Sirop)		84,64
	Cuisson-concentration	Sirop	83,90	54,73	Refroidissement	Sirop		57,14	Tamisage	Sirop	69,73	59,02
	Refroidissement	Sirop		54,73								

D'après le tableau précédent, les différences sont moindres entre les rendements aux étapes de la fabrication de sirop d'ananas et de pok-pok. Les petits écarts trouvés se basent surtout sur les légères différences entre la teneur en eau et le taux en matières sèches solubles des fruits.

Au niveau du procédé I, le rendement du tamisage de l'ananas (67,85%) est un peu plus élevé par rapport à celui du pok-pok (65,41%) parce que l'ananas contient plus de jus mais moins de matières sèches solubles (sucre) par rapport au pok-pok. Ainsi, pendant la macération, le passage du jus d'ananas, qui est moins concentré, vers la solution plus sucré est plus rapide et plus rentable.

Tandis que le rendement de la cuisson-concentration de l'ananas (81,6%) est moins élevé par comparaison avec celui du pok-pok (83,90%) vu que ce dernier contient plus de sucre. Ainsi la teneur en matières sèches solubles voulues est atteinte beaucoup plus rapidement et il y a moins d'évaporation à effectuer d'où le rendement de la cuisson-concentration est plus élevé pour ce fruit.

Concernant le procédé II, le rendement des filtrations d'ananas (65,2%) est plus élevé par rapport à celui du pok-pok (64,5%). Cela se justifie encore par sa plus grande teneur en eau.

Pour ce qui est du procédé III, il se passe le même phénomène que pour le procédé I. Cependant, il est accéléré par l'action combinée de la chaleur et du sucre utilisé à une proportion plus élevée.

Remarque : Au cours des procédés I et III, les pulpes de fruits exsudent plus de jus d'autant plus qu'elles sont découpées en très petits morceaux. Cela augmente la surface de contact entre les pulpes et le sucre.

b. Le rendement global

Le rendement global de chaque procédé est donné par le tableau suivant :

Tableau XIII: Rendement global des trois procédés

PROCEDES	RENDEMENT GLOBAL (%)	
	ANANAS	POK-POK
Procédé I	55,37	54,73
Procédé II	58,8	57,14
Procédé III	59,65	59,02

D'après ce tableau, le procédé III est le plus rentable avec un rendement global égal à 59,65% pour le sirop d'ananas et 59,02% pour le sirop de pok-pok. Il est suivi du procédé II et le procédé I arrive en dernier. En comparant deux à deux les procédés, il n'y a pas de

différence significative entre les rendements des procédés II et III. Cependant, une différence significative réside entre le procédé I et les deux autres.

2.2.3.2.La quantité et le coût des matières premières

La connaissance du rendement global permet de calculer la quantité des matières premières mises en œuvre pour obtenir 100 kg de sirop de fruits. La quantité et le coût des matières premières sont calculés et présentés dans les tableaux suivants :

Tableau XIV: Quantité de matières premières pour obtenir 100kg de sirop de fruits

PROCEDES		ANANAS	POK-POK
Procédé I	Fruits (kg)	170,38	127,56
	Baies (kg)		91,85
	Pulpe ou baies découpées (kg)	90,30	91,34
	Sucre (kg)	90,30	91,34
	Matières premières totales (kg)	180,60	182,68
	Rendement global (%)	55,37	54,74
	Sirop (kg)	100	100
Procédé II	Fruits (kg)	254,84	201,24
	Pulpe ou baies (kg)	135,07	144,90
	Sucre (kg)	85,03	87,50
	Matières premières totales (kg)	170,07	175,01
	Rendement global (%)	58,8	57,14
	Sirop (kg)	100	100
Procédé III	Fruits (kg)	129,40	96,27
	Pulpe ou baies (kg)	68,58	69,32
	Sucre (kg)	83,82	84,72
	Eau (kg)	15,24	15,40
	Matières premières totales (kg)	167,64	169,43
	Rendement global (%)	59,65	59,02
	Sirop (kg)	100	100

Tableau XV: Coût des matières premières pour obtenir 100kg de sirop de fruits

		PU (Ar/kg)	PROCEDE I		PROCEDE II		PROCEDE III	
			QTTE (kg)	Prix (Ar)	QTTE (kg)	Prix (Ar)	QTTE (kg)	Prix (Ar)
A	<i>Fruits</i>	600	170,38	102 228	254,84	152 906	129,40	77 642
N	<i>Sucre</i>	2 400	90,30	216 724	85,03	204 082	83,82	201 174
A	<i>Eau</i>	0,8	0	0	0	0	15,24	12
N	<i>Matières premières</i>	3 000,80	260,68	318 952,09	339,88	356 987,17	228,46	278 827,29
P O K- P O K	<i>Fruits</i>	1 300	127,56	165 833	201,24	261 617	96,27	125 153
	<i>Sucre</i>	2 400	91,34	219 218	87,50	210 011	84,72	203 321
	<i>Eau</i>	0,8	0	0	0	0	15,40	12
	<i>Matières premières</i>	3 700,80	218,90	385 051,25	288,75	471 627,46	196,39	328 486,19

Concernant les matières premières, c'est encore le procédé III qui nécessite le moins de matières premières malgré qu'en plus des fruits et du sucre, il utilise de l'eau filtrée qui a donc une valeur négligeable.

La comparaison entre les deux procédés restants montre que le procédé II utilise beaucoup plus de fruits mais moins de sucre par rapport au procédé I. C'est ce qui explique le coût plus élevé en matières premières du procédé II

2.2.3.3.La durée de fabrication, la facilité de réalisation et les sous-produits

- Durée de fabrication**

Les procédés II et III permettent l'obtention de sirop le jour même de la préparation des fruits tandis que la première méthode nécessite 24 heures de temps de macération pour l'extraction de jus ainsi le sirop ne sera obtenu que le lendemain.

- Facilité de réalisation**

Les matériels employés pour la mise en œuvre des procédés I et III existent déjà au niveau de l'usine et leurs coûts sont déjà amortis.

Cependant, le procédé II, utilisant déjà ces mêmes matériels, nécessite en plus l'usage d'un broyeur et des filtres pour l'extraction du jus de fruits. Le broyeur est déjà présent au sein de l'usine mais son emploi augmente les dépenses en énergie (électricité).

- Valorisation des sous-produits**

Concernant les sous-produits de la fabrication des sirops de fruits, le procédé III offre des sous-produits, résultant du tamisage, qui peuvent être valorisés dans la fabrication de confitures. Pour ce faire, la ligne fabrication de sirop de fruit est confondue avec celle de la fabrication de confiture. Lorsque le taux en matières sèches solubles voulu est atteint, le sirop est retiré au cours de la cuisson et avant l'ajout des autres intrants (acide citrique et pectine) à l'aide d'une pompe placée à la base du cuiseur.

Ainsi, l'élaboration de 100kg de sirop d'ananas par ce procédé donne en plus 40kg de matières entrantes destinés à la fabrication de confiture et celle du sirop de pok-pok donne 43kg.

Pour le procédé I, c'est aussi faisable. Il donne respectivement 58 kg et 63 kg de pulpes sucrés pour la fabrication de 100 kg de sirop d'ananas et celle de 100kg de sirop de pok-pok.

Cependant cela implique encore une cuisson donc plus de dépenses en énergie.

Les sous-produits résultant du procédé II ne sont plus exploitables au sein de l'usine.

2.2.3.4. La qualité des sirops de fruit

✓ Caractéristiques physico-chimiques

Les résultats des analyses sont montrés par le tableau suivant :

Tableau XVI: Caractéristiques des sirops de fruits

PARAMETRE	Procédé I		Procédé II		Procédé III	
	Ananas	Pok-pok	Ananas	Pok-pok	Ananas	Pok-pok
Teneur en eau (%)	27,93	27,2	26,96	26,35	28,41	27,86
Matières sèches totales (%)	72,07	72,8	73,04	73,65	71,59	72,14
Matières sèches solubles (^o Brix)	68,5	68,5	68,5	68,5	68,5	68,5

D'après ce tableau, en général, les trois procédés offrent des produits qui correspondent aux exigences technologiques car leurs taux en matières sèches solubles sont compris entre 65 à 70%, ce qui permet l'inhibition des micro-organismes et assurant ainsi leur conservation. Leurs teneurs en eau sont aussi assez bas. Les taux en matières sèches des sirops de fruits sont réglés à la même valeur au cours de la cuisson afin de pouvoir les comparer.

En comparant les caractéristiques des produits, les sirops de fruits obtenus par le procédé II sont plus riches en matières sèches donc moins riche en eau, suivi du procédé I puis du procédé III.

✓ Description et caractéristiques organoleptiques

L'évaluation des divers descripteurs établis pour les sirops de fruits est donnée par les diagrammes suivants :

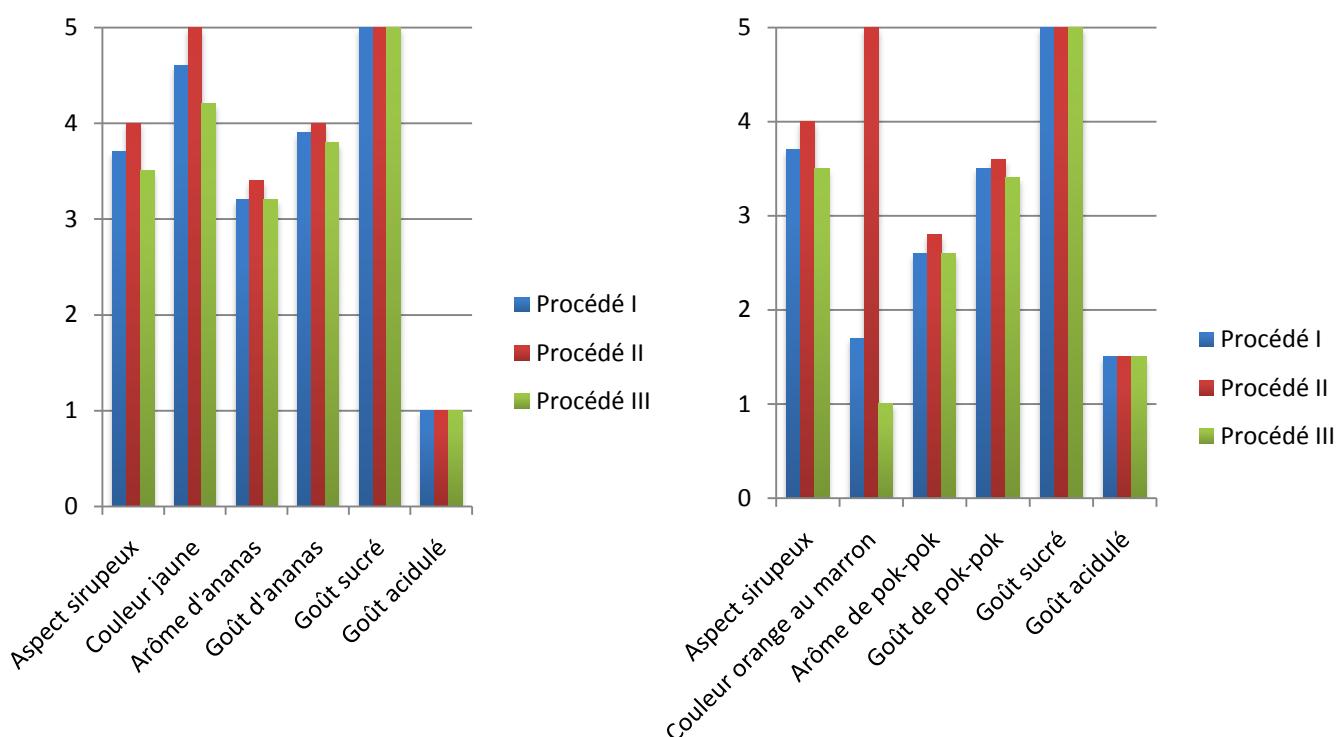


Figure 10: Caractéristiques organoleptiques des sirops d'ananas et de pok-pok

Les qualités des sirops élaborés sont en général satisfaisantes.

La consistance des produits élaborés est suffisamment sirupeuse avec des valeurs largement au-dessus de la moyenne. Il en est de même pour le goût des fruits qui est généralement gardé.

Pour le sirop d'ananas, la couleur jaune est surtout perçue pour le produit résultant du procédé II. En effet, l'extraction du jus par broyage/filtration permet l'obtention d'un sirop très dense, qui garde au maximum les caractéristiques organoleptiques du fruit (couleur, arôme et goût).

Pour le sirop de pok-pok, le procédé II donne un sirop de couleur marron à cause des pigments de la peau, le procédé III présente un sirop de couleur orange et le procédé I procure un sirop de couleur orange un peu plus prononcée.

Le goût sucré est complètement perçue dans les sirops. Mais le sirop de pok-pok est légèrement plus acide que le sirop d'ananas. C'est dû au goût acidulé des baies de pok-pok.

2.2.3.5.Comparaison des trois procédés

Pour pouvoir comparer les trois procédés et en tirer une conclusion sur le choix de la technologie la mieux adaptée, les avantages et les inconvénients des trois procédés sont mis en exergues dans le tableau suivant :

Tableau XVII: Comparaison des trois procédés

Procédés	Avantages	Inconvénients
Procédé I	(3) Offre des sous-produits valorisables dans la fabrication de confitures (5) Caractéristiques physico-chimiques satisfaisantes (6) Caractéristiques organoleptiques satisfaisantes/ garde les caractéristiques organoleptiques du fruit (couleur, arôme et goût)	(1) Rendement global le moins élevé (2) Nécessite beaucoup de matières premières, donc coût en matières premières élevé (3) Les sous-produits doivent encore être cuits. (4) Obtention de sirop de fruits le jour suivant de la préparation de ces derniers
Procédé II	(1) Rendement global élevé (4) Obtention de sirop de fruits le jour même de la préparation de ces derniers (5) Caractéristiques physico-chimiques satisfaisantes (6) Caractéristiques organoleptiques satisfaisantes/ garde au maximum les caractéristiques organoleptiques du fruit (couleur, arôme et goût)	(2) Nécessite le plus de matières premières, donc coût en matières premières le plus élevé (3) Les sous-produits ne servent plus à rien à l'usine

Procédé III	<ul style="list-style-type: none"> (1) Rendement global le plus élevé (2) Nécessite le moins de matières premières, coût en matières premières le moins élevé (3) Offre des sous-produits valorisables dans la fabrication de confitures (4) Obtention de sirop de fruits le jour même de la préparation de ces derniers (5) Caractéristiques physico-chimiques satisfaisantes (6) Caractéristiques organoleptiques satisfaisantes 	
----------------	--	--

En conclusion, d'après ses nombreux avantages, la technologie appropriée se portera sur le procédé III que ce soit pour l'ananas que pour le pok-pok parce qu'il comporte le moins d'inconvénients.

2.3. Formulation et mélange

Le vinaigre est mélangé au sirop de fruit pour acquérir le goût aigre doux.

Il s'agit de déterminer la composition de chaque vinaigre. La proportion de chaque composant doit permettre la conservabilité du produit et procurer une saveur satisfaisante aux consommateurs.

Pour la conduite des expérimentations, les vinaigres de chaque concentration sont mélangés avec chaque parfum de sirop de fruits en quatre proportions différentes : 20%, 30%, 40% et 50%.

Ainsi, 40 produits différents ont été obtenus. Cependant, un de chaque parfum seulement sera retenu après les analyses sensorielles effectuées auprès des consommateurs.

2.3.1. Matériels et méthodes

Afin de mettre en évidence le produit le plus apprécié pour chaque parfum, le test de classement a été mis en œuvre.

2.3.1.1.Principe

Lorsque l'épreuve de classement est utilisée comme épreuve hédonique, la tâche des dégustateurs est de classer des échantillons codés, qui leur sont présentés simultanément, en fonction de leur préférence en allant du plus appétissant au moins appétissant. En règle générale, les égalités ne sont pas permises.

Ce type de test ne renseigne pas sur le niveau de satisfaction propre aux différents lots testés : il permet uniquement de classer les lots les uns par rapport aux autres.

2.3.1.2. Déroulement de l'épreuve

- **Le choix du jury**

Cette épreuve a été réalisée auprès de 65 sujets, dits naïfs ou individus non initiés.

- **Les produits à évaluer**

Pendant l'expérimentation, 40 échantillons de vinaigres au sirop de fruits ont été élaborés soient 20 échantillons pour chaque parfum. Afin de faciliter la conduite des tests et les traitements des données, des identifications sont attribuées aux vinaigres au sirop de fruits. Les produits à évaluer sont montrés par le tableau suivant :

Tableau XVIII: Identifications des produits à évaluer

IDENTIFICATIONS	VINAIGRES AU SIROP D'ANANAS				VINAIGRES AU SIROP DE POK-POK			
	A2°20	A2°30	A2°40	A2°50	P2°20	P2°30	P2°40	P2°50
Concentration	2°	2°	2°	2°	2°	2°	2°	2°
(%) Sirop	20	30	40	50	20	30	40	50
IDENTIFICATIONS	A3°20	A3°30	A3°40	A3°50	P3°20	P3°30	P3°40	P3°50
Concentration	3°	3°	3°	3°	3°	3°	3°	3°
(%) Sirop	20	30	40	50	20	30	40	50
IDENTIFICATIONS	A4°20	A4°30	A4°40	A4°50	P4°20	P4°30	P4°40	P4°50
Concentration	4°	4°	4°	4°	4°	4°	4°	4°
(%) Sirop	20	30	40	50	20	30	40	50
IDENTIFICATIONS	A5°20	A5°30	A5°40	A5°50	P5°20	P5°30	P5°40	P5°50
Concentration	5°	5°	5°	5°	5°	5°	5°	5°
(%) Sirop	20	30	40	50	20	30	40	50
IDENTIFICATIONS	A6°20	A6°30	A6°40	A6°50	P6°20	P6°30	P6°40	P6°50
Concentration	6°	6°	6°	6°	6°	6°	6°	6°
(%) Sirop	20	30	40	50	20	30	40	50

Pendant ces tests, les vinaigres au sirop de fruits sont servis avec des accompagnements pour que les dégustateurs puissent bien cerner le goût qu'ils procurent. La préparation qui leur a été servie se trouve dans la proportion suivante : pour 100 g de chou découpé, la vinaigrette est composée de 100 g de vinaigre au sirop de fruit, 4 g de sel et 7 g d'huile de soja (1càs).

- **Les tests**

Les tests se sont effectués en plusieurs étapes nommées test1, test2, test3, test4, test5 et test6.

Pour les tests 1, 2, 3, 4 et 5, il s'agit de classer, pour chaque parfum, des vinaigres de même concentration en acide acétique mais ayant des proportions différentes en sirop de fruit.

Il y a 4 proportions en sirop de fruit (20%, 30%, 40%, 50%) pour chaque concentration en acide acétique ainsi 4 échantillons par parfum sont classés au cours d'un test. Le mode opératoire est le même pour les cinq premiers tests. Ils diffèrent donc uniquement sur les échantillons à évaluer.

Tableau XIX: Buts des cinq premiers tests de classement

		VINAIGRES AU SIROP D'ANANAS				VINAIGRES AU SIROP DE POK-POK			
TEST1	ECHANTILLONS	A2°20	A2°30	A2°40	A2°50	P2°20	P2°30	P2°40	P2°50
	BUT	Ressortir un vinaigre 2° avec une quantité de sirop d'ananas convenable et un vinaigre 2° avec une quantité de sirop de pok-pok convenable.							
TEST2	ECHANTILLONS	A3°20	A3°30	A3°40	A3°50	P3°20	P3°30	P3°40	P3°50
	BUT	Obtenir un vinaigre 3° avec une quantité de sirop d'ananas convenable et un vinaigre 3° avec une quantité de sirop de pok-pok convenable.							
TEST3	ECHANTILLONS	A4°20	A4°30	A4°40	A4°50	P4°20	P4°30	P4°40	P4°50
	BUT	Avoir un vinaigre 4° avec une quantité de sirop d'ananas convenable et un vinaigre 4° avec une quantité de sirop de pok-pok convenable.							
TEST4	ECHANTILLONS	A5°20	A5°30	A5°40	A5°50	P5°20	P5°30	P5°40	P5°50
	BUT	Ressortir un vinaigre 5° avec une quantité de sirop d'ananas convenable et un vinaigre 5° avec une quantité de sirop de pok-pok convenable.							
TEST5	ECHANTILLONS	A6°20	A6°30	A6°40	A6°50	P6°20	P6°30	P6°40	P6°50
	BUT	Mettre en évidence un vinaigre 6° avec une quantité de sirop d'ananas convenable et un vinaigre 6° avec une quantité de sirop de pok-pok convenable.							

Concernant le test6, il a pour but de mettre en évidence un seul vinaigre pour chaque parfum en comparant les produits retenus pendant les tests 1, 2, 3, 4 et 5. Le mode opératoire est le même que pour les tests précédents, seulement il y a cinq types d'échantillons pour chaque parfum.

▪ Le questionnaire

Pour les tests 1, 2, 3, 4 et 5, le questionnaire renferme 4 cases dans lesquelles il faut classer les échantillons, du plus appétissant au moins appétissant. Pour le test6, le questionnaire comporte 5 cases. Un exemplaire est retrouvé à l'annexe 12.

▪ Le traitement des données

Les données recueillies sont d'abord saisies et traitées avec le logiciel Microsoft EXCEL puis la loi de FRIEDMAN a été employée pour apporter des conclusions fiables.

Pour n juges, p produit et R somme des rangs de chaque produit, nous avons :

$$F = \frac{12}{np(p+1)} (R_1^2 + R_2^2 + \dots + R_i^2 + \dots + R_p^2) - 3n(p+1)$$

Il faut alors comparer la valeur observée F à une valeur théorique z obtenue dans une table χ^2 au risque $\alpha = 5\%$ (le plus souvent), pour $(p-1)$ degrés de liberté.

L'hypothèse H_0 est qu'il n'y a pas de différence de classement entre les produits.

Si F est inférieur à z, alors H_0 est retenue. Si F est supérieure à z, alors H_0 est rejetée.

En outre, le produit qui obtient le rang le moins élevé est le plus apprécié.

2.3.2. Résultats

- Tests 1, 2, 3, 4, 5

Le tableau suivant représente la somme des rangs pour les 4 échantillons par parfum et par test.

Tableau XX: Somme des rangs des échantillons pour les tests 1, 2, 3, 4 et 5

TEST 1	Echantillons	A2°20	A2°30	A2°40	A2°50	P2°20	P2°30	P2°40	P2°50
	Somme des rangs	93	104	193	260				
TEST 2	Echantillons	A3°20	A3°30	A3°40	A3°50	P3°20	P3°30	P3°40	P3°50
	Somme des rangs	170	94	137	249				
TEST 3	Echantillons	A4°20	A4°30	A4°40	A4°50	P4°20	P4°30	P4°40	P4°50
	Somme des rangs	236	157	91	166				
TEST 4	Echantillons	A5°20	A5°30	A5°40	A5°50	P5°20	P5°30	P5°40	P5°50
	Somme des rangs	234	190	121	105				
TEST 5	Echantillons	A6°20	A6°30	A6°40	A6°50	P6°20	P6°30	P6°40	P6°50
	Somme des rangs	260	195	108	87				

D'après la loi de Friedman,

$$F = \frac{12}{np(p+1)} (R_1^2 + R_2^2 + \dots + R_i^2 + \dots + R_p^2) - 3n(p+1)$$

Avec: n = nombre de juges = 65

p = nombre de produits = 4

Ri = somme des rangs pour le produit i

La valeur de F est exposée dans le tableau suivant :

Tableau XXI: Valeur de F pour les tests 1, 2, 3, 4 et 5

TEST 1	Echantillons	A2°20	A2°30	A2°40	A2°50	P2°20	P2°30	P2°40	P2°50
	F	172,51				165,83			
TEST 2	Echantillons	A3°20	A3°30	A3°40	A3°50	P3°20	P3°30	P3°40	P3°50
	F	118,90				134,08			
TEST 3	Echantillons	A4°20	A4°30	A4°40	A4°50	P4°20	P4°30	P4°40	P4°50
	F	97,45				74,82			
TEST 4	Echantillons	A5°20	A5°30	A5°40	A5°50	P5°20	P5°30	P5°40	P5°50
	F	100,59				116,98			
TEST 5	Echantillons	A6°20	A6°30	A6°40	A6°50	P6°20	P6°30	P6°40	P6°50
	F	177,54				178,38			

La valeur observée est comparée à une valeur théorique, z, obtenue dans une *table de χ^2* au risque $\alpha = 5\%$, pour $(p-1)$ degrés de liberté. La valeur de z est de **7,81**.

Comme la valeur de F est largement supérieure à z pour chaque test effectué, alors la préférence des produits est significativement différente.

Il reste alors à savoir quel produit est le plus apprécié au niveau de chaque test. Il s'agit de celui qui a une somme de rang la moins élevée. D'après le tableau XXI, le résultat des cinq premiers tests sont les suivants :

Tableau XXII: Résultat des cinq premiers tests

	VINAIGRE AU SIROP D'ANANAS	VINAIGRE AU SIROP DE POK-POK
TEST 1	A2°20	P2°30
TEST 2	A3°30	P3°40
TEST 3	A4°40	P4°40
TEST 4	A5°50	P5°50
TEST 5	A6°50	P6°50

• Test 6

Le test 6 est réalisé afin de retenir un seul vinaigre pour chaque parfum en comparant les produits retenus pendant les tests 1, 2, 3, 4 et 5.

Le tableau suivant représente la somme des rangs pour les 5 échantillons par parfum.

Tableau XXIII: Somme des rangs des échantillons pour le test 6

Echantillons	A2°20	A3°30	A4°40	A5°50	A6°50	P2°30	P3°40	P4°40	P5°50	P6°50
Somme des rangs	170	131	97	256	321	160	127	103	260	325

D'après la loi de Friedman,

$$F = \frac{12}{np(p+1)} (R_1^2 + R_2^2 + \dots + R_i^2 + \dots + R_p^2) - 3n(p+1)$$

Avec: n = nombre de juges = 65

p = nombre de produits = 5

R_i = somme des rangs pour le produit i

La valeur de F est exposée dans le tableau suivant :

Tableau XXIV: Valeur de F pour le test 6

Echantillons	A2°20	A3°30	A4°40	A5°50	A6°50	P2°30	P3°40	P4°40	P5°50	P6°50
F					208,75					218,08

La valeur de z est de **9,49**. Cette valeur est encore largement inférieure à F. Ainsi la préférence des produits est significativement différente.

Et d'après la somme de leur rang, le vinaigre au sirop d'ananas retenu est **A4°40** et le vinaigre au sirop de pok-pok retenu est **P4°40**.

2.4.Filtration

La limpidité fait partie des qualités que le consommateur exige du vinaigre. Un trouble ou un dépôt qui subsiste au fond de la bouteille sont parfois perçus par le consommateur comme des signes d'altération du produit. C'est pourquoi la filtration a été effectuée. Le but est d'obtenir un vinaigre au sirop de fruit le moins trouble possible.

L'existence des particules responsables des troubles du vinaigre est surtout causée par l'ajout de sirop de fruit.

2.4.1. Matériels et méthodes

Le matériel utilisé pour la filtration est un tissu tergal adapté au niveau d'un passoir.

Les pertes y résultantes constituent les déchets de filtration. Le rendement en vinaigre au sirop de fruit peut varier car il dépend de plusieurs facteurs comme la membrane filtrante et la pression exercée. Le rendement de la filtration est obtenu à partir de la formule suivante :

$$\text{Rendement de la filtration}(\%) = \frac{\text{Masse trouvée après la filtration} \times 100}{\text{Masse trouvée à l'étape précédente}}$$

L'étape précédente étant le mélange.

2.4.2. Résultats

Le rendement de la filtration est de 99%. La perte, n'étant que des petites particules, ne constitue que 1%. Le produit issu de cette étape est le produit fini : le vinaigre au sirop de fruit.

2.5. Conditionnement

Avant la mise en vente, les produits sont conditionnés. En effet, les fonctions de l'emballage sont multiples : fonctions de contenant, de protection du produit, de présentation (marketing), d'information...

Les matériels qui entrent en jeu sont les bouteilles plastiques de 0,5l fermées avec des capsules en PVC et les étiquettes.

Les emballages plastiques présentent des avantages : la commodité de manipulation et de transport (les bouteilles en plastiques sont légères et incassables), leur sertissage est très simple, il y a une possibilité de transparence (pour laisser paraître le produit) et c'est moins coûteux.

Les bouteilles sont remplies puis fermées immédiatement pour minimiser le risque de contamination. Elles sont alors étiquetées manuellement avec des colles spéciales. Ces étiquettes portent les renseignements nécessaires aux produits.

Les produits prêts à la distribution sont regroupés par huit (8) dans des cartons bien scellés.

2.6. Conclusion partielle 2

Le vinaigre élaboré ne résulte pas d'un procédé biologique mais d'une simple dilution d'acide acétique. Ainsi, la technologie de fabrication de vinaigre ne suit pas les normes européennes. Cependant, ce produit contient l'élément essentiel qui forme le vinaigre en l'occurrence l'acide acétique et n'émet aucun inconvénient tant qu'il est utilisé à une concentration appropriée. Les expérimentations effectuées se sont tenues à des concentrations de 2 à 6%. D'après l'étude de la technologie de fabrication de sirop de fruit, le procédé III a été conclu être le plus approprié que ce soit pour l'ananas que pour le pok-pok. Son rendement global est le plus élevé soit 59,65% pour l'ananas et 59,02% pour le pok-pok. Les matières premières utilisées sont les fruits, le sucre et l'eau filtrée. Les sirops de fruits sont obtenus le jour même de la préparation des fruits et ont des caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques satisfaisantes. La formulation des vinaigres au sirop de fruits a été effectuée au moyen des analyses sensorielles. Elle est basée sur deux critères principaux

dont la concentration en acide acétique (2 à 6%) et la proportion en sirop de fruit (20%, 30%, 40% et 50%). Les tests de classement ont permis de ressortir un vinaigre au sirop d'ananas et un vinaigre au sirop de pok-pok. Il s'agit des échantillons A4°40 et P4°40, préparés tous les deux à partir d'un vinaigre à 4% d'acide acétique et d'un sirop de fruit à 40%.

Partie III : Qualités, appréciations et test de stabilité des produits finis



PARTIE III: QUALITES, APPRECIATIONS ET TEST DE STABILITE DES PRODUITS FINIS

La formulation d'un produit alimentaire est seulement une étape dans sa mise au point. Il est nécessaire de connaître en surplus les qualités des produits finis et leur appréciation ainsi que leur stabilité.

3.1. Qualités et appréciations des produits finis

La connaissance du produit passe toujours par des analyses qui aboutiront à une conclusion sur la conformabilité des échantillons à la consommation. Trois types d'analyses permettent de bien cerner les produits alimentaires : les analyses sensorielles, les analyses physico-chimiques, les analyses microbiologiques.

3.1.1. Analyses sensorielles [28, 67]

L'évaluation sensorielle est définie comme étant l'examen des propriétés organoleptiques d'un produit par les organes des sens. En effet, c'est une science multidisciplinaire qui fait appel à des dégustateurs et à leur sens de la vue, de l'odorat, du goût, du toucher et de l'ouïe pour mesurer les caractéristiques sensorielles et l'acceptabilité de nombreux produits plus particulièrement les produits alimentaires. Par conséquent, cette méthode permet d'identifier et d'évaluer les caractéristiques organoleptiques d'un produit d'une part et de connaître les attentes des consommateurs d'autre part. Elle représente ainsi un outil de décision important pour lancer un produit sur le marché. C'est pour cette raison qu'elle a été appliquée au cours de cette étude.

Deux types de tests ont été appliqués suivant les renseignements à obtenir:

- **Les tests axés sur les consommateurs** qui ont servi à évaluer la préférence, le niveau d'acceptation ou le degré de goût des consommateurs pour les produits.

Pour ce faire, des épreuves hédoniques sont réalisées, tels que **le test d'acceptabilité** afin d'analyser le niveau d'acceptabilité des produits retenus et de confirmer les résultats du test de classement et **le test de préférence** qui a permis de révéler le parfum le plus apprécié : l'ananas ou le pok-pok.

- **Les tests axés sur le produit** qui ont servi à déterminer des caractéristiques sensorielles des produits.

Il s'agit d'une épreuve descriptive quantitative à l'issue de laquelle les profils sensoriels des vinaigres au sirop de fruits retenus pendant les épreuves hédoniques ont été établis.

3.1.1.1.Matériels

a. Local

Le but recherché est de créer un environnement qui permet aux dégustateurs d'évaluer les échantillons sans être soumis à l'influence de leurs collègues et d'autres facteurs externes. Ainsi, les conditions de dégustation telles que l'éclairage, la température, l'odeur, le bruit, l'indépendance des réponses et l'anonymat des échantillons doivent être maîtrisées. De plus, les évaluations sensorielles doivent se dérouler dans une salle séparée du lieu de préparation pour une meilleure organisation des activités et pour garantir l'anonymat des produits.

b. Contenants à échantillon

Il faut choisir les contenants à échantillons en fonction de la taille et des caractéristiques de l'échantillon. Il faut acquérir suffisamment de contenants de la même taille et de la même forme pour s'assurer qu'on puisse en utiliser d'identiques pour tous les échantillons servis pendant une étude. Cela éviterait aux sujets de faire un jugement préalable sur la nature des échantillons. Par conséquent, des coupelles uniformes en plastique sont utilisées.

c. Substances de rinçage

Pour que les dégustateurs puissent se rincer la bouche avant et entre chacun des échantillons qu'ils goûtent, de l'eau et du pain sont mis à leur disposition.

d. Echantillons

Pour assurer l'anonymat des échantillons, ces derniers sont codés par 3 chiffres pris au hasard et ils sont présentés en quantité représentative. En règle générale, il faut utiliser au moins 30 g d'aliment solide ou 15 ml de boisson.

Pendant les tests descriptifs, les vinaigres au sirop de fruits sont servis aux dégustateurs afin qu'ils puissent en évaluer les caractéristiques organoleptiques. Toutefois, pendant les épreuves hédoniques, les vinaigres au sirop de fruits sont servis avec des accompagnements comme pour le test de classement.

e. Traitement des données

Les données recueillies sont d'abord saisies et traitées avec le logiciel Microsoft EXCEL ; ensuite certaines données sont analysées statistiquement pour apporter des conclusions fiables. Les outils statistiques utilisés pour le traitement sont les fonctions classiques telles la moyenne et l'écart-type.

La moyenne arithmétique est la somme de la valeur d'une variable divisée par le nombre d'individus. L'écart type est la racine carrée de la variance.

3.1.1.2. Méthodes

a. Les épreuves hedoniques

Ces épreuves ont été réalisées auprès de 65 sujets, dits naïfs, c'est-à-dire des individus non initiés, appartenant aux deux sexes et à différentes tranches d'âge :

AGES	NOMBRE DE SUJETS	SEXES	NOMBRE DE SUJETS
Moins de 16 ans	7	Féminin (F)	36
16 à 25 ans	24	Masculin (M)	29
26 à 35 ans	15		
36 à 45 ans	8	Total	65
46 à 55 ans	8		
Plus de 55 ans	3		
Total	65		

i. Le test d'acceptation

Le test d'acceptation permet non seulement d'obtenir des appréciations individuelles des produits mais aussi de confirmer le choix des juges pendant les tests de classement.

Les échantillons sont évalués séparément. Les dégustateurs sont demandés de manifester leur appréciation par le caractère agréable ou désagréable du produit.

Il existe sept (7) niveaux sur l'échelle d'appréciation dont :

- 1- Très désagréable
- 2- Désagréable
- 3- Assez désagréable
- 4- Ni agréable, ni désagréable
- 5- Assez agréable
- 6- Agréable
- 7- Très agréable

ii. Le test de préférence

Les deux échantillons sont présentés en même temps dans des contenants identiques codés avec des numéros aléatoires à trois chiffres. On demande aux dégustateurs lequel de ces échantillons codés ils préfèrent. Ils doivent en choisir un, même s'ils leur semblent égaux.

b. Les tests descriptifs

C'est une épreuve axée sur le produit.

❖ Le choix du jury

Un panel de 20 dégustateurs initiés a été recruté.

❖ Déroulement de l'épreuve

Les échantillons sont composés d'un vinaigre au sirop d'ananas et d'un vinaigre au sirop de pok-pok. Les échantillons sont codés et présentés aux sujets de façon monadique, c'est-à-dire individuellement. Ils évalueront, dans les questionnaires qui leur sont distribués, chacun des descripteurs à l'aide d'une échelle allant de 0 à 5 (Cf. Annexe 12) dont :

- 0- Absence
- 1- Seuil juste identifiable
- 2- Faible
- 3- Modéré
- 4- Fort
- 5- Très fort

Les descripteurs doivent être précis, pertinents et facilement compréhensibles par les sujets. Ils sont rattachés à l'aspect, l'odeur et au goût des échantillons.

3.1.1.3.Résultats

a. Les épreuves hédoniques

i. Les tests d'acceptabilité

- **Vinaigre au sirop d'ananas**

Le résultat de l'analyse hédonique de l'échantillon de vinaigre au sirop d'ananas est présenté dans le tableau et le graphe suivants :

Tableau XXV: Résultats statistiques pour le test d'acceptabilité de vinaigre au sirop d'ananas

VINAIGRE AU SIROP D'ANANAS		Caractéristiques	Notes
A4°40		Min	3
		Max	7
		Moyenne	6,02
		Ecart-type	0,94

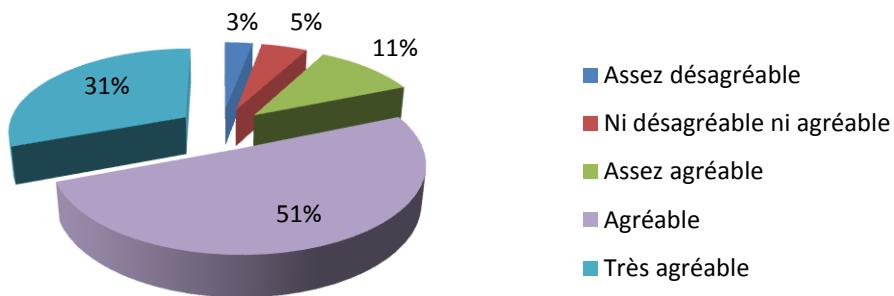


Figure 11: Représentation graphique des différentes appréciations du vinaigre au sirop d'ananas

Le vinaigre au sirop d'ananas a reçu une appréciation allant d'assez désagréable à très agréable. La moitié des dégustateurs, ont trouvé le produit agréable, suivi de 31% qui l'ont

estimé très agréable puis 11%, assez agréable. Il n'y a que 3% des sujets qui ont jugés le produit assez désagréable. Il a obtenu une moyenne de 6,02 soit entre agréable et très agréable. D'après ces résultats, le vinaigre au sirop d'ananas A4°40 est apprécié par les consommateurs.

- **Vinaigre au sirop de pok-pok**

Le résultat de l'analyse hédonique de l'échantillon de vinaigre au sirop de pok-pok est présenté dans le tableau et le graphe suivants :

Tableau XXVI : Résultats statistiques pour le test d'acceptabilité de vinaigre au sirop de pok-pok

VINAIGRE AU SIROP DE POK-POK	Caractéristiques	Notes
P4°40	Min	2
	Max	7
	Moyenne	5,62
	Ecart-type	1,01

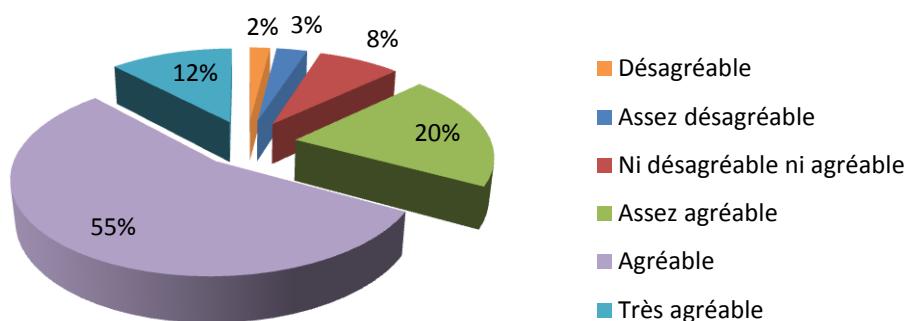


Figure 12 : Représentation graphique des différentes appréciations du vinaigre au sirop de pok-pok

Le vinaigre au sirop de pok-pok a reçu une appréciation allant de désagréable à très agréable. Sa moyenne est de 5,62 soit entre assez agréable et agréable. Plus de la moitié des dégustateurs, ont trouvé le produit agréable et seulement 2% l'ont trouvé désagréable et 3% assez désagréable. La conclusion tirée de ces résultats est que le vinaigre au sirop de pok-pok 4°40% est aussi apprécié par les consommateurs.

a. Le test de préférence par paire

Après avoir comparé les deux échantillons de vinaigres au sirop de fruits, le résultat du test de préférence est donné par le graphe de la figure 13. D'après ce graphe, le vinaigre au sirop d'ananas 4°40% est plus apprécié par les dégustateurs.

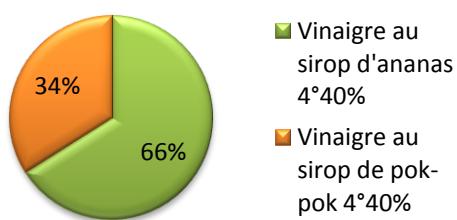


Figure 13: Résultats du vote entre les deux parfums de vinaigre au sirop de fruits

b. Les tests descriptifs

Les notes attribuées à chaque descripteur par les jurys sont regroupées par produit pour obtenir une moyenne. C'est à partir de cette moyenne que les résultats sont donnés.

Le résultat de l'analyse descriptive du vinaigre au sirop d'ananas est résumé sous forme de toile d'araignée, représentant les moyennes des intensités des différents descripteurs, dans le graphe suivant :

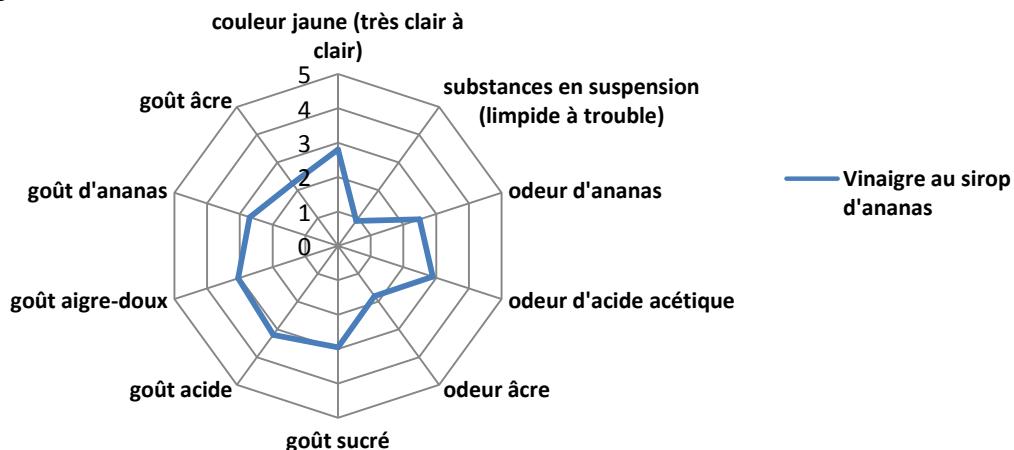


Figure 14: Représentation graphique du profil sensoriel du vinaigre au sirop d'ananas 4°40%

D'après ce graphique, le vinaigre au sirop d'ananas présente une couleur jaune d'une intensité située juste au milieu de très clair et clair. Des substances en suspension sont très faiblement perçues par les jurys, le produit est loin d'être trouble. L'odeur d'ananas et celui d'acide acétique sont moyennement perçue mais c'est leurs saveurs qui sont sentis avec des intensités assez fortes. Le mélange des goûts acide et sucré est bien équilibré d'où une saveur aigre-douce d'intensité assez forte. Les jurys ont trouvé que le produit irrite faiblement les voies respiratoires et digestives. En effet, le goût et l'odeur âcre ont tous les deux des intensités en dessous de la moyenne.

Le résultat de l'analyse descriptive du vinaigre au sirop de pok-pok est montré par le graphe suivant :

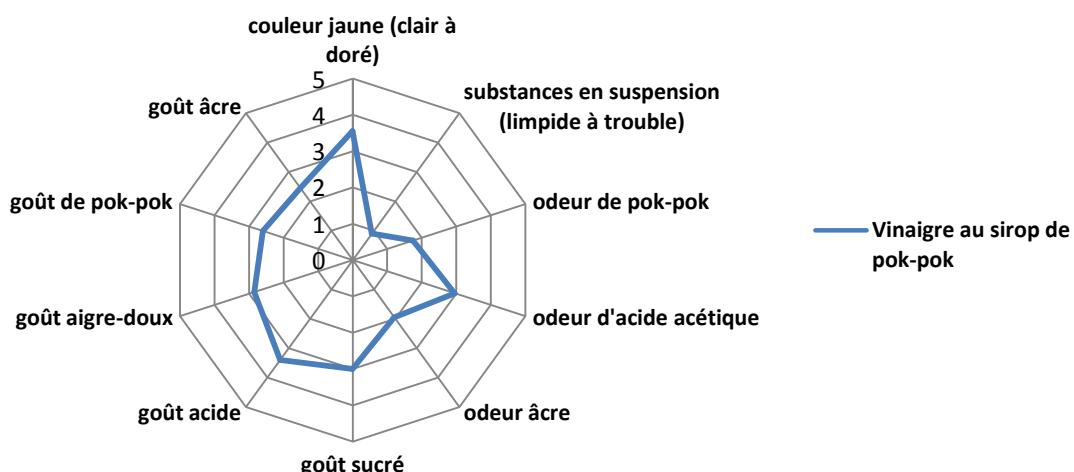


Figure 15: Représentation graphique du profil sensoriel du vinaigre au sirop de pok-pok 4°40%

Ce graphique montre que le vinaigre au sirop de pok-pok est de couleur jaune doré d'une intensité assez élevée. Des substances en suspension sont juste identifiables par les jurys. L'odeur du pok-pok est faiblement perçue tandis que sa saveur est d'une intensité moyenne. L'odeur d'acide acétique est modérément sentie mais sa saveur est assez forte. Cette dernière, en mélange avec le goût sucré qui est modéré, procure une saveur aigre-douce d'intensité juste au-dessus de la moyenne. L'âcreté du produit se trouve à un degré faible, en dessous-de la moyenne. Afin de comparer les caractéristiques des deux vinaigres, un histogramme est dressé :

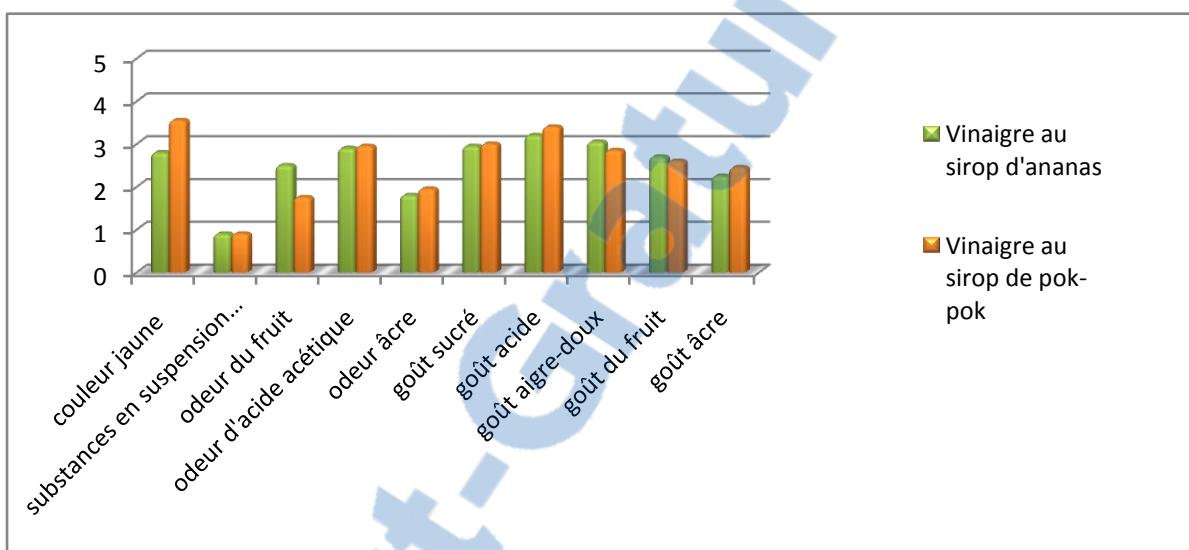


Figure 16: Comparaison des caractéristiques des deux vinaigres au sirop de fruit

D'après cette figure, les deux vinaigres au sirop de fruits ont des caractères nettement différents au niveau de la couleur et de l'odeur des fruits. Ceci s'explique par la différence qui réside entre les caractéristiques des pulpes de fruits. La couleur des baies de pok-pok est plus intense que celle de la pulpe d'ananas tandis que l'ananas a de plus forte arôme par rapport à l'autre fruit. Cela explique encore l'odeur d'acide acétique moins perçue pour le vinaigre au sirop d'ananas car elle en est atténuee. La saveur acide est propre à chaque vinaigre car elle peut être renforcée par l'acidité des pulpes de fruits mais la différence est très faible. Le vinaigre au sirop de pok-pok est légèrement plus acide. L'âcreté des produits et la présence de substances en suspension sont représentés à de faible intensité ce qui est souhaitable pour les produits. L'âcreté est aussi légèrement mieux masquée pour le vinaigre au sirop d'ananas.

3.1.2. Analyses physico-chimiques

3.1.2.1. Matériels et méthodes

Ces caractéristiques vont permettre l'évaluation de la qualité ainsi que de la valeur nutritionnelle des produits finis. Ils sont déterminés par des analyses physico-chimiques dont

les paramètres à analyser sont établies par les institutions responsables dans les pays. Les analyses ont été réalisées au laboratoire ACSSQDA et au laboratoire de l'IAA.

Pour le vinaigre, les paramètres à analyser sont :

- L'acidité totale en acide acétique : [69]

Comme l'acide acétique est un acide organique faible, il est dosé par titrimétrie avec une base forte comme la soude à 0,01 N en présence de phénolphthaleïne en solution alcoolique, comme indicateur.

• L'acidité fixe en acide acétique: [69] qui s'agit de l'ensemble de ses acides fixes (non volatils), titrés également en présence de phénolphthaleïne en solution alcoolique comme indicateur. Elle donne une indication si un acide quelconque (citrique, tartrique, etc) a été ajouté ou non.

- L'acidité volatile en acide acétique : [69]

Les acides organiques volatils sont ceux qui codistillent avec la vapeur d'eau. Par convention, l'acidité volatile d'un vinaigre est la différence entre l'acidité totale et l'acidité fixe. Il s'agit principalement de l'acide acétique.

• L'Extrait sec : qui s'agit de la quantité de matières sèches dans le produit. Il est obtenu lorsque l'eau du produit est retirée.

• Le pH : C'est la mesure du coefficient caractérisant l'acidité ou la basicité d'un milieu, il représente la concentration des ions H⁺ d'une solution. Selon Gonnet, (1985), le coefficient 7 (eau distillée à 22°C) correspond à la neutralité, supérieur, il est basique, inférieur il est acide.

• Matières sèches solubles : mesurées en °Brix à l'aide d'un réfractomètre portatif, c'est la teneur en sucre soluble contenu dans le produit c'est-à-dire le saccharose.

3.1.2.2.Résultats

Le résultat des analyses effectuées sur le produit est alors présenté dans le tableau suivant :

Tableau XXVII: Résultats des analyses physico-chimiques des vinaigres au sirop d'ananas et au sirop de pok-pok

Caractéristiques	Vinaigre au sirop d'ananas 4°40%	Vinaigre au sirop de pok-pok 4°40%
Acidité totale en acide acétique (g/l)	24,6	26,8
Acidité fixe en acide acétique (g/l)	2,16	3,66
Acidité volatile en acide acétique (g/l)	22,44	23,14
Extrait sec (g/l)	292,03	297,07
Matières sèches solubles (°Brix)	29,1	29,6
pH	2,56	2,53

Les valeurs de leur acidité totale témoignent la forte saveur acide des produits. L'acidité fixe montre la présence d'autres acides procurés par l'ajout de sirops de fruits.

Leurs pH sont assez bas pour assurer une bonne conservation.

D'après ces résultats, la teneur en extrait sec des vinaigres au sirop d'ananas et au sirop de pok-pok sont respectivement de 292,03g/l et 297,08g/l. Cela montre les valeurs nutritionnelles qu'ont apportées les sirops de fruits au vinaigre.

La teneur en matières sèches solubles exprimée en °Brix, égale à 29,1 pour l'ananas et 29,6 pour le pok-pok, prouve le goût moyennement sucré des produits.

3.1.3. Analyses microbiologiques

La salubrité des produits alimentaires est le critère le plus important pour les consommateurs. De ce fait, les analyses physico-chimiques sont insuffisantes pour qualifier le produit de consommable, il doit passer à des analyses microbiologiques.

3.1.3.1. Matériels et méthodes

a. Les germes à dénombrer

Les germes à dénombrer sont :

- *Escherichia coli* : est un type de coliforme fécal, une bactérie qui est associée aux déchets animal ou humain. Alors leur seule présence dans les produits affecte l'image même de l'usine car cela indique une défaillance dans la bonne pratique d'hygiène le long de la fabrication.
- Les flores fongiques, c'est-à-dire les levures et les moisissures, qui sont des indicateurs d'altération du produit.
- *Salmonella sp.* : des entérobactéries qui provoquent une toxi-infection alimentaire. La présence de ces germes traduit une contamination fécale récente ou une recontamination après traitement.

b. Les milieux de culture utilisés

Chaque micro-organisme a ses propres exigences nutritives. Ainsi, les milieux de culture utilisés sont différents suivant les microbes à rechercher. Ils sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau XXVIII: Les milieux de culture utilisés

GERMES RECHERCHES	MILIEUX UTILISÉS	CONDITIONS D'INCUBATION
<i>Escherichia coli</i>	Gelose TBX	37°C/24h
Levures et Moisissures	Sabouraud – Chloramphénicol	30°C/72h
<i>Salmonella sp.</i>	Hektoen	37°C/24h

3.1.3.2.Résultats

Le résultat des analyses microbiologiques des échantillons de vinaigres au sirop d'ananas et au sirop de pok-pok est présenté par le tableau suivant :

Tableau XXIX: Résultats des analyses microbiologiques des vinaigres au sirop d'ananas et au sirop de pok-pok

	Vinaigre au sirop d'ananas	Vinaigre au sirop de pok-pok	Critères
<i>Escherichia coli</i>	<1 UFC/ml	<1 UFC/ml	<1,0. 10 ² UFC/ml
Levures et moisissures	<1 UFC/ml	<1 UFC/ml	<1,0. 10 ² UFC/ml
<i>Salmonella sp.</i>	Absence/25ml	Absence/25ml	Absence/25ml

D'après les résultats, les produits possèdent la caractéristique microbiologique satisfaisante. Ceci illustre une bonne pratique de fabrication et d'hygiène pendant toutes les manipulations effectuées.

3.2.Contrôle de stabilité

Les vinaigres sont supposés être des produits stables vu leur acidité qui ne permet pas aux microorganismes pathogènes de se développer. Au cours de cette étude, un contrôle de stabilité a été effectué, au sein du laboratoire de microbiologie et de parasitologie du Département Elevage de l'ESSA, afin de confirmer la stabilité des vinaigres au sirop de fruits élaborés, ceci suivant la norme NF V08-402 relative au contrôle de stabilité des conserves de pH inférieur à 4,5.

3.2.1. Objet et domaine d'application

La présente norme décrit des méthodes d'examen permettant de vérifier la stabilité biologique d'individus prélevés à partir d'un lot de produits de pH inférieur à 4,5.

3.2.2. Principe

Le contrôle de la stabilité se réalise au moyen des épreuves suivantes :

- Incubation des échantillons à 32° C
- Examen de l'aspect extérieur (en cours d'incubation et après incubation)
- Examen des caractéristiques suivantes sur des individus incubés et sur un témoin non incubé : aspect, odeur, pH, examen microscopique.
- Interprétation des résultats.

3.2.3. Appareillage

Le tableau suivant procure l'appareillage employé pour chaque opération :

Tableau XXX: Les appareils utilisés pour le contrôle de stabilité

OPERATIONS	APPAREILLAGE
Incubation	Etuve, bien ventilée, réglable à $32^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$
Mesure du pH	pH-mètre muni d'électrodes de verre
Examen microscopique	Matériel pour examens microscopiques notamment : un microscope avec différents objectifs, lames, lamelles etc.

3.2.4. Méthodes

3.2.4.1. Nombre d'échantillons

Pour réaliser l'ensemble des examens mentionnés, les échantillons pour chaque type de vinaigres sont au nombre de trois (3) y compris un individu servant de témoin.

3.2.4.2. Examens préalables

Ces examens regroupent l'observation des différentes caractéristiques des individus, la mise en place d'un marquage indélébile sur ces derniers afin de pouvoir les repérer, la vérification de la température de conservation du témoin qui doit être conservé à la température du laboratoire à la condition que celle-ci ne dépasse pas 25°C .

3.2.4.3. Incubation

Les conditions d'incubation (température et durée) ont été choisies pour fournir les garanties optimales d'efficacité du contrôle. Ainsi deux individus sont placés dans l'étuve réglée à 32°C , y sont laissés pendant 21 jours. Des examens journaliers de leur aspect extérieur sont effectués et les individus présentant un bombage ou une fuite sont retirés de l'étuve. Les individus doivent être disposés, sur un papier filtre, dans la position la plus favorable pour détecter une fuite éventuelle.

3.2.4.4. Examens après incubation

Avant de procéder aux examens, les individus sont laissés pendant 24 heures à la température du laboratoire afin d'obtenir l'équilibre des températures.

Les examens doivent être effectués dans des conditions identiques à la fois sur les individus incubés et sur le témoin non incubé.

Il s'agit de noter, d'abord l'aspect extérieur des individus, puis les modifications qui auraient pu survenir par rapport au témoin, concernant l'odeur et l'aspect du produit (ne pas goûter les produits incubés) après ouverture de l'emballage et enfin le pH des produits. Pour ce dernier, il est recommandé d'effectuer plusieurs mesures pour chaque individu.

3.2.4.5. Examen microscopique

Une goutte de produit est étalée sur une lame de verre puis observée au microscope. Il faut noter la morphologie de la flore microbienne et le nombre moyen de germes.

Le facteur R est à calculer par la formule suivante : $R = n/n_0$ où n est le nombre de germes pour un individu incubé et n_0 le nombre moyen de germes pour un individu témoin.

3.2.5. Résultats

Pour pouvoir les identifier facilement, les trois échantillons de vinaigre au sirop d'ananas sont codés A1 et A2 pour les individus incubés et AT pour le témoin et les codes des trois échantillons de vinaigre au sirop de pok-pok sont P1 et P2 pour les individus incubés et PT pour le témoin.

D'après les examens journaliers de l'aspect extérieur réalisés, aucun individu ne présente de fuite ni de bombage. Ils sont tous normaux. Les caractéristiques des produits sont relevées avant l'incubation dans le tableau qui suit :

Tableau XXXI: Caractéristiques des échantillons avant incubation

	ECHANTILLONS	CARACTERISTIQUES				
		emballage	couleur	texture	odeur	pH
Jour n°1	AT	conforme	Jaune clair	lumineux	caractéristique	2,56
	A1	conforme	Jaune clair	lumineux	caractéristique	2,56
	A2	conforme	Jaune clair	lumineux	caractéristique	2,56
	PT	conforme	Jaune doré	lumineux	caractéristique	2,53
	P1	conforme	Jaune doré	lumineux	caractéristique	2,53
	P2	conforme	Jaune doré	lumineux	caractéristique	2,53

Concernant les examens après 21 jours d'incubation, les individus incubés sont comparés au témoin et les résultats sont présentés par le tableau suivant :

Tableau XXXII: Résultats des examens après incubation

	Caractéristiques	Echantillons					
		AT	A1	A2	PT	P1	P2
Jour n°22	Emballage	conforme	Absence de déformation		conforme	Absence de déformation	
	Couleur	Jaune clair	Jaune clair	Jaune doré	Jaune doré		
	Texture	Lumineux + dépôt au fond	Lumineux + dépôt au fond		Lumineux + dépôt au fond	Lumineux + dépôt au fond	
	Odeur	caractéristique	caractéristique		caractéristique	caractéristique	
	pH	2,59	2,82	2,82	2,55	2,76	2,76
	Nombre de germes	0	0	0	0	0	0

En résumé, les individus présentent les quatre (4) caractéristiques suivantes après incubation à 32°C pendant 21jours :

- absence de déformation de l'emballage
- absence de modifications ou aucun changement notable concernant l'odeur, l'aspect et la texture des produits par rapport au témoin
- différence de pH < 0,5 par rapport au témoin, le pH le plus élevé devant rester de toute façon inférieur à 4,5
- aucun germe n'a été retrouvé au microscope alors il y a absence de variation de la flore microbienne, du point de vue qualitatif et du point de vue quantitatif, facteur R < à 100 par rapport au témoin. En cas de multiplication microbienne cette valeur de 100 serait largement dépassée.

Ainsi les produits sont considérés comme stables. La formation d'un dépôt dans la bouteille est un phénomène naturel qui n'altère en rien la qualité du vinaigre.

3.3. Conclusion partielle 3

Les échantillons A4°40 et P4°40 sont perçus globalement agréables par les consommateurs. Les analyses descriptives ont montré que chaque vinaigre possède ses propres propriétés organoleptiques.

Concernant les propriétés physico-chimiques des vinaigres au sirop de fruits, elles ne sont pas conformes aux normes européennes ni à celles implantées au niveau de l'ACSSQDA. Mais, les produits sont tout de même propres et sains à la consommation humaine (Cf. Annexe 13). En outre, ils sont jugés satisfaisants, de par leurs propriétés physico-chimiques. Leur acidité permet d'assurer leur stabilité.

L'analyse microbiologique a confirmé la salubrité des vinaigres au sirop de fruits par l'absence des germes après fabrication.

Les produits sont jugés stables.

Partie IV : Etude de marché et étude économique sommaire du projet



PARTIE IV : ETUDE DE MARCHE ET ETUDE ECONOMIQUE SOMMAIRE DU PROJET

Les paramètres de coût ne doivent pas être négligés vu leur impact sur la commercialisation. En outre, avant de lancer un nouveau produit, il faut savoir s'il est suffisamment bien accueilli pour rapporter un profit satisfaisant à l'entreprise.

4.1. Etude de marché

Cette étude permet, d'une part, de mesurer et d'évaluer la place que pourra acquérir les produits mis au point sur le marché par l'analyse de la concurrence, et d'autre part, de comprendre et de cerner les motivations et les comportements des consommateurs afin de concevoir et d'orienter les stratégies de commercialisation.

4.1.1. Situation mondiale de la filière vinaigre [4]

Bien que le vinaigre soit un produit mondial, ses utilisations et ses variétés diffèrent considérablement d'un marché à l'autre. Entre le vinaigre blanc de base sur les tablettes des foyers nord-américains, le vinaigre de riz d'Asie, le vinaigre balsamique d'Italie, le vinaigre de Xérès d'Espagne et le vinaigre de malt du Royaume-Uni, les similitudes et les différences entre les variétés de vinaigre peuvent agir comme obstacles ou comme possibilités pour les exportateurs sur le marché mondial du vinaigre.

En 2009, les dix plus grands exportateurs de vinaigre dans le monde sont présentés par le tableau suivant :

Tableau XXXIII: Les dix plus grands exportateurs de vinaigre dans le monde

PAYS	EXPORTATIONS (EN MILLIONS DE \$CAN)
Italie	258
Allemagne	31
Espagne	30
France	27
Etats-Unis	17
Japon	17
Grèce	14
Royaume-Uni	10
Chine	9
Autriche	6

Sur le plan de la valeur et du volume, les plus grands pays exportateurs de vinaigre en 2009 sont l'Italie, l'Allemagne et l'Espagne. L'Italie a exporté 258 M\$CAN de vinaigre dans

le monde ; ce qui représente le premier rang de cette catégorie. En effet, il domine largement avec un volume d'exportation de presque 83 millions de litres alors que l'Allemagne en a exporté 49 millions de litres. L'Espagne occupe le troisième rang avec une valeur de 30 M\$CAN et un volume de 30,6 millions de litres. Cela représente une diminution de 9% ou de 3 M\$ par rapport à 2008.

De l'année 2005 à 2009, le total des exportations de vinaigre a augmenté de 30 %, passant de 370 M\$CAN à 483 M\$CAN.

Les dix plus grands importateurs de vinaigres dans le monde en 2009 sont montrés par le tableau XXXIV:

Tableau XXXIV: Les dix plus grands importateurs de vinaigres dans le monde

PAYS	IMPORTATIONS (EN MILLIONS DE \$CAN)
Etats-Unis	98
Allemagne	72
France	38
Royaume-Uni	30
Canada	30
Suisse	24
Italie	19
Autriche	16
Espagne	16
Belgique	16

Avec des valeurs d'importation de près de 100 M\$CAN, les Etats-Unis représentent le plus grand importateur de vinaigre dans le monde. Avec des importations de vinaigre et de substitut obtenus à partir d'acide acétique de l'ordre à partir d'acide acétique de l'ordre de 72 M\$CAN, l'Allemagne était le deuxième plus grand importateur. Quoique cela représente une légère diminution par rapport au 75 M\$CAN d'importation de 2008, l'importation de vinaigre de l'Allemagne a augmenté de 64% depuis 2006.

Le total des importations mondiales a atteint 495 M\$ en 2009. Cela représente une augmentation de 33 % par rapport à 2005, lorsque les valeurs d'importation se chiffraient à 371 M\$.

En ce qui concerne le commerce du vinaigre, l'Europe demeure un marché clé, comme en témoigne la position de pays faisant partie de l'Europe dans la liste des dix plus grands exportateurs de vinaigre.

4.1.2. Evaluation de la place des vinaigres au sirop de fruits sur le marché

4.1.2.1. Matériels et méthodes

Pour évaluer les offres sur le marché, des données statistiques ont été recueillies auprès de l'INSTAT sur la production et l'importation de vinaigre à Madagascar.

4.1.2.2. Résultats

Les vinaigres au sirop de fruits sont inclus dans le secteur des assaisonnements et condiments regroupant la fabrication de vinaigres, la fabrication de sauces et de moutardes, les conditionnements d'épices et des herbes aromatiques préparées... Cependant, seules les vinaigreries sont considérées au cours de cette étude.

Le poids de l'industrie des vinaigres est encore négligeable dans l'ensemble des industries agroalimentaires.

L'évolution de la production de vinaigre à Madagascar est montrée par le tableau suivant :

Tableau XXXV: Production de vinaigre à Madagascar

ANNEE	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
PRODUCTION (hl)	150	136	173	177	190	212	226	247	225

(INSTAT, 2012)

Madagascar ne produit qu'une petite quantité de vinaigre en une année. Ainsi, pour combler le marché malgache, l'île importe des vinaigres comestibles et succédanés de vinaigres comestibles obtenus à partir d'acide acétique d'une valeur de 106 565 098 d'Ariary par an environ soit 34 737 kg (poids net) (INSTAT, 2012).

Les produits industrialisés répondant aux normes sont ainsi en majorité occupés par les produits étrangers tels que le vinaigre de vins, le vinaigre balsamique, le vinaigre de cidre, le vinaigre d'alcool, les vinaigres aromatisés, les vinaigres de riz... Ces produits proviennent surtout de France, Italie, Afrique du Sud, Chine, Espagne...

Sur le marché national, des vinaigres de vins et des vinaigres de fruits peuvent y être rencontrés en quantité moindre (par exemple ceux fabriqués par le Domaine de Manamisoa Soavita à Ambalavao.) Les produits fabriqués localement sont le plus souvent des vinaigres artificiels concentrés à 6% d'acide acétique, parfois aromatisés ou colorés : vinaigres SALONE, BONGOU, TAF, MANDRESY, C Bon, SAVOUR.

Les vinaigres au sirop de fruits ne figurent pas encore sur le marché local. Cependant, ils ont divers atouts qui leur permettent d'affronter leurs concurrents et de se distinguer.

4.1.3. Evaluation de la demande

4.1.3.1. Matériels et méthodes

Les besoins et désirs des consommateurs constituent le point de départ logique de la recherche de mise en place de nouveaux produits sur le marché. Ainsi, une enquête en ligne a été effectuée sur la consommation de vinaigre à Madagascar pour évaluer la situation actuelle de l'utilisation des vinaigres, les types de produits utilisés, les marques les plus courantes, les problèmes que les utilisateurs rencontrent avec les produits actuels ainsi que leur attitude vis-à-vis des vinaigres au sirop de fruits. L'enquête est élaborée à partir des questionnaires préétablis (Cf Annexe 14) qui seront remplis par des consommateurs malgaches.

4.1.3.2. Résultats

En tout, les personnes enquêtées en ligne qui ont répondu au questionnaire sont au nombre de 69.

Parmi eux figurent les hommes à 38% et les femmes à 62%, et la plupart soit 71% se trouve dans un intervalle d'âge de 16 à 25 ans.

Seuls deux de ces individus n'utilisent pas le vinaigre et le remplace par du citron. En effet, l'un pense que ce n'est pas bon pour la santé parce que c'est du produit chimique et l'autre n'aime pas l'odeur et le goût acré qu'il procure.

Le vinaigre est surtout consommé en cuisine principalement pour faire de la sauce vinaigrette afin d'assaisonner les salades. Il est surtout réputé pour son goût acide.

Parmi les différents types de vinaigres qui existent, le vinaigre artificiel 6° est le plus consommé : 74% des consommateurs l'utilisent à cause de son abondance sur le marché à des prix abordables donc à la portée de tous. Et contrairement aux autres types de vinaigres qui ne se voient que dans les grandes surfaces, il est vendu dans des épiceries, des points de vente situés près des consommateurs. Cependant 9 % utilisent le vinaigre de vins, 6% le vinaigre de cidre, 1% le vinaigre de fruit, et le reste d'autres types de vinaigres qui n'ont pas été mentionné. Ces individus optent pour des produits obtenus par des moyens biologiques à cause de leurs vertus, des produits secondaires de la fermentation tels que les vitamines et les acides aminés qui sont indispensables à l'homme.

Ces produits font partie de la vie quotidienne de la plupart des sujets. Ce sont, en majorité des produits locaux (à 80%), le plus souvent fabriqué par les sociétés SALONE, TAF et BONGOU.

Lors d'une préparation culinaire, 75% des sujets ajoutent des produits tels que le sucre ou l'eau au vinaigre afin d'en améliorer le goût ou pour atténuer son acidité. En effet, ils trouvent que les vinaigres provoquent chez eux des irritations des voies digestives.

Le vinaigre au sirop de fruits est un produit encore inconnu par 75% des sujets. Toutefois, les 95% sont intéressés par ce nouveau produit. Et 70% des individus préfèrent le parfum ananas par rapport au parfum pok-pok. Par ailleurs, la saveur aigre-douce a du succès auprès de 88% des sujets. Ils savourent ce goût à travers des plats aigres-doux ou des sauces aigres-douces. Cela promet aux vinaigres au sirop de fruits de se faire une place sur le marché.

Les sujets achètent les vinaigres en premier lieu en fonction de leur prix et en second lieu en fonction de leur marque, ensuite en fonction leur composition et l'emballage constitue le dernier de leur souci.

Dans notre cas la marque de Mélodie GAM sera un atout à prendre en compte par sa renommée dans toute l'île et les prix seront abordables suivant les budgets des consommateurs.

4.1.4. Politique marketing

Les sociétés gagnantes sont celles qui satisfont les besoins et désirs des clients de façon économique et pratique à l'aide d'une communication efficace. Ainsi, la politique marketing mis en œuvre est le « Marketing mix » également connu sous le nom des '4 P' c'est-à-dire : Produit, Prix, Place (distribution) et Promotion (communication ou publicité).

4.1.4.1. Produit

Il s'agit de voir les caractéristiques qui constituent des atouts pour les produits afin d'en conclure sa meilleure adéquation possible aux besoins des consommateurs.

a. Caractéristiques des vinaigres au sirop de fruits

D'après les résultats de l'analyse hédonique, les vinaigres au sirop d'ananas et au sirop de pok-pok sont tous les deux appréciés par les consommateurs avec des notes respectifs de 6,02 et 5,62 sur 7.

Leurs caractéristiques microbiologiques sont jugées irréprochables et leurs caractéristiques physico-chimiques satisfaisantes, leur permettant ainsi une bonne stabilité.

Les vinaigres au sirop de fruits ont la particularité d'avoir plus de valeur nutritionnelle et des caractéristiques organoleptiques spécifiques qui donnent une personnalité aux préparations en l'occurrence une saveur aigre-douce fruitée et exotique dont l'âcreté a été largement atténuée. De plus, ils exigent moins de préparations et permettent ainsi un gain de temps aux consommateurs.

En conclusion, en plus d'être de nouveaux produits à mettre sur le marché, les caractéristiques des vinaigres au sirop de fruits sont satisfaisantes.

b. Conditionnement

Les produits sont conditionnés dans des emballages qui assurent plusieurs fonctions dont les principales sont de contenir et de protéger les produits. Un autre rôle est la commodité mais ils ont aussi un rôle de promotion qui a pour objectif de favoriser les produits, de retenir l'attention des clients et de les séduire.

• Types d'emballages

Pour les vinaigres au sirop de fruits, l'emballage utilisé est une bouteille à fond rond en polyéthylène téréphtalate (PET) transparente, fermées avec des capsules en polychlorure de vinyle (PVC). La contenance de 50 cl a été choisie pour satisfaire le besoin d'une famille pendant une semaine environ.

• Etiquettes

L'étiquette est la partie du conditionnement qui contient l'information décrivant le produit.

L'étiquetage approprié est donc celui qui permettra d'identifier le produit, ses caractéristiques et son mode d'utilisation.

Le format général de l'étiquette est rectangle, de taille acceptable pour tous les étiquetages nécessaires. Étalé, les étiquettes mesurent 16 cm de longueur et 5 cm de largeur.

Les caractères de l'étiquetage sont choisis de façon à donner un attrait vif et plaisant au regard. Leur taille fait qu'ils sont bien lisibles et claires pour les consommateurs.

La conception est faite par référence aux normes du codex alimentarius.

Les mentions obligatoires sont :

- **La dénomination de vente** : C'est la dénomination réglementaire de la denrée, ou à défaut la dénomination d'usage ou une dénomination descriptive précise.

D'après la norme européenne, la dénomination "vinaigre" ne peut être utilisée que pour les produits obtenus à partir de produits d'origine agricole. Cependant, comme la législation nationale ne prend pas en compte ce mode d'obtention du vinaigre ainsi le produit obtenu par une simple dilution d'acide acétique est considérée comme étant du vinaigre, ce terme a été employé pour notre produit.

En outre, lorsqu'un ingrédient a été ajouté et confère au vinaigre sa saveur distinctive le nom doit être accompagné de la mention descriptive appropriée d'où le nom de « Vinaigre au sirop de fruit ».

Un nom inventé ou une "appellation commerciale" peut être utilisé à condition qu'il s'accompagne de la dénomination de vente. C'est dans cette optique mais aussi pour décrire

un peu plus le goût aigre doux du produit que le nom de « Vinaigre doux » a été donné à ce produit.

- **La liste des ingrédients** : les ingrédients inscrits sont ceux utilisés pour la préparation et qui sont encore présents, même sous forme modifiée, dans le produit fini. L'énumération est par ordre décroissant du poids initial des ces ingrédients. L'eau est mentionnée quand elle est ajoutée et non évaporée lors de la transformation.

Pour la fabrication du vinaigre au sirop de fruit, les ingrédients utilisés sont listés de la manière suivante : « vinaigre, fruit, sucre ».

- **La quantité ou la contenance** : c'est la capacité ou le volume du récipient de conditionnement. Comme les vinaigres au sirop de fruits sont des produits liquides, la contenance est exprimée en litre (l) ou centilitre (cl) soit dans le présent cas 50cl. Elle doit figurer dans le champ de la dénomination de vente avec un caractère nettement visible.

- **La date limite de consommation ou d'utilisation optimale** selon le produit ;

La mention d'une date de durabilité est obligatoire dans l'étiquetage d'un produit, sauf dans le cas de quelques produits y compris le vinaigre. D'ailleurs la stabilité du produit a déjà été confirmée pendant l'étude. Cependant, une date limite d'utilisation optimale ou DLUO de 6 mois est proposée. Comme le délai est supérieur à 3 mois, la présentation est MM/AAAA (M : mois, A : année). Lorsque le mois est décembre, l'indication de l'année AAAA suffit.

- **Adresse du fabricant** :

Le nom et l'adresse du fabricant, devant être déclarés, sont inscrits en petit caractère et hors du champ de dénomination. Cette information renseigne les clients sur la société qui fabrique le produit. Ainsi, elle constitue une sorte de publicité mais elle peut également aider lors d'un éventuel problème. Pour les vinaigres au sirop de fruit, cette section indique l'adresse de la Société GAM et les numéros de téléphone pour joindre les responsables.

Les modèles d'étiquettes ainsi que les produits finis prêts à la vente, pour les vinaigres au sirop d'ananas et de pok-pok sont présentées dans les figures suivantes :



Figure 17: Etiquette du vinaigre au sirop de pok-pok

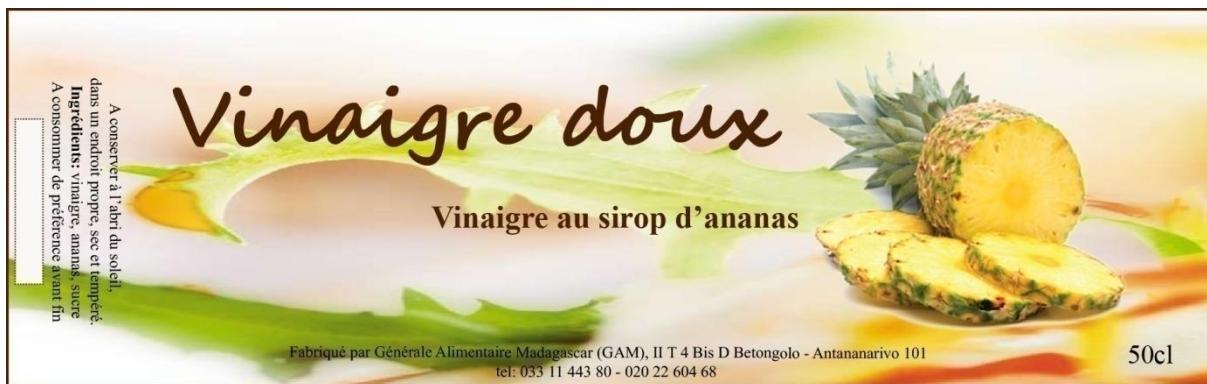


Figure 18: Etiquette du vinaigre au sirop d'ananas

4.1.4.2.Prix

Quand elle lance un nouveau produit, l'entreprise est confrontée à un problème de fixation de prix. Les éléments à prendre en compte sont :

- L'évaluation de la clientèle cible susceptible de consommer le produit :

L'évaluation de la demande et de la clientèle cible permet d'estimer un prix plafond.

Les clients cibles sont invités à indiquer :

- le prix maximum qu'il serait prêt à payer
- le prix en-dessous duquel il doutierait de la qualité des produits

Les personnes enquêtées seraient prêtes à payer une bouteille de 50 cl de vinaigre au sirop de fruits à un prix maximum de 3000 Ar en moyenne et à un prix minimum aux environs de 2000 Ar.

- Les charges affectées aux produits :

Elles induisent le prix plancher. Toute entreprise souhaite fixer un prix qui couvre les coûts de production, de distribution et de vente, et procure une juste rémunération de l'effort fourni et du risque encouru. Ces charges sont détaillées dans le paragraphe 4.2.1.3.

- Les prix des produits concurrents :

Les prix pratiqués par les concurrents constituent un troisième pôle de référence. La connaissance des prix des concurrents oriente souvent la politique de tarification de l'entreprise. Si les qualités sont semblables, on peut s'aligner. Si l'on offre un produit de moindre qualité, un prix inférieur semble logique. En fait, le prix exprime le positionnement concurrentiel du produit.

Les prix de quelques produits concurrents sur le marché sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau XXXVI: Prix de quelques vinaigres trouvés sur le marché

Désignation	Marque	contenance	Prix (Ar)	Pays producteur
Vinaigre coloré 6°	SALONE	PET de 25cl	460	Madagascar
Vinaigre blanc 6°		PET de 1l	980	
Vinaigre blanc 6°	BONGOU	PET de 25cl	630	
Vinaigre blanc 6°		PET de 50cl	900	
Vinaigre blanc 6°	TAF	PET de 1l	1 480	
Vinaigre blanc 6°		PET de 25cl	380	
Vinaigre blanc 6°		PET de 50cl	550	
Vinaigre blanc 6°		PET de 1l	750	
Vinaigre coloré 6°	SOAVITA	PET de 1l	980	
Vinaigre blanc 6°		PET de 25cl	460	
Vinaigre blanc 6°		PET de 25cl	460	
Vinaigre de vin 9°		Verre de 1l	4 380	
Vinaigre de vin 9° à l'estragon	Aceto di vino	Verre de 1l	4 500	
Vinaigre de vin blanc 6%		Verre de 50cl	5 580	Italie
Vinaigre de vin rouge 6%	Casino	Verre de 50cl	5 580	Italie
Vinaigre balsamique 6%		Verre de 50cl	7 580	Italie
Vinaigre balsamique 6%	OLITALIA	Verre de 50cl	12 000	Italie
Vinaigre de Xérès 7%	Casino	Verre de 50cl	9 900	Espagne
Vinaigre à la pulpe de mangue 5%	Casino délices	Verre de 25cl	17 900	France
Vinaigre à la pulpe de mandarine 5%	Casino délices	Verre de 25cl	17 900	France
Vinaigre à la pulpe de framboise 5%	Casino délices	Verre de 25cl	16 900	France
Vinaigre de cidre 5%	Casino	Verre de 75cl	6 900	France
Vinaigre de vin aromatisé à l'échalote 6%	Casino	Verre de 75cl	7 500	France
Vinaigre de vin rouge 6%	Leader Price	PET de 1l	3 680	France
Vinaigre d'alcool coloré 6%	Leader Price	PET de 1l	2 180	France
Vinaigre de riz blanc		Verre de 1l	4 100	Chine
Vinaigre de riz noir		Verre de 1l	5 500	Chine

Il est assez difficile de positionner les vinaigres au sirop de fruits parmi ses concurrents. Il fait partie des vinaigres artificiels, qui sont notamment à très bas prix, mais seulement avec une qualité supérieure car par l'ajout des sirops de fruits, ils peuvent s'aligner

aux vinaigres à la pulpe de fruit dont le prix est très élevé. Ainsi, notre choix est de proposer un tarif relativement abordable pour un produit de haute qualité contenu dans une bouteille de 50cl, c'est-à-dire 2500 Ar comme prix d'usine et 2 800Ar sur le marché.

4.1.4.3.Place ou distribution

Il s'agit ici de définir quels canaux de distribution seront utilisés pour implanter les produits afin de les rendre disponibles et accessibles sur le marché.

Le marché cible des vinaigres au sirop de fruits est le marché local ; celui de la capitale pour commencer mais l'élargissement est également envisageable.

Tout circuit de distribution peut être caractérisé par sa longueur, c'est-à-dire le nombre de niveaux qu'il comporte, correspondant aux différents partenaires entre lesquels le produit transite. Les vinaigres au sirop de fruits sont distribués soit selon le circuit de distribution le plus court, donc qui ne comporte aucun intermédiaire entre le producteur et le consommateur, soit selon le circuit de distribution à un niveau comportant un seul intermédiaire. Les clients cibles sont les hôtels, les restaurants et les ménages. Ainsi la distribution se fera soit directement de la société vers les acteurs cités précédemment, soit par l'intermédiaire des épiceries, des grands magasins et des grandes surfaces, en bref des détaillants.

4.1.4.4.Promotion

Cet élément du mix marketing englobe toutes les actions de communication mises en place pour faire la promotion des produits c'est-à-dire pour faire connaître et informer les consommateurs des qualités et des avantages du produit. Pour ce faire, des moyens à mettre en œuvre sont suggérés:

- une dégustation accompagnée d'une vente promotionnelle au cours des salons et expositions ou directement au niveau des grandes surfaces.
- de la publicité qui est utilisée pour entraîner des attitudes, créer une notoriété et transmettre des informations pour obtenir une réponse de la part de la cible. Il existe beaucoup de 'médias' publicitaires tels les journaux, la télévision, les affiches et panneaux...

4.2.Evaluations économiques sommaires

Les évaluations économiques sommaires a comme finalité la détermination du prix de vente des vinaigres au sirop de fruits. Ce dernier est fonction des charges affectées à la production des produits.

4.2.1. Les charges affectées à la production de vinaigres au sirop de fruits

Les éléments pris en compte sont ceux dont les charges sont liées directement au produit et ceux dont les coûts sont liés à l'organisation de la production.

4.2.1.1.Les charges liées directement au produit

Il s'agit des coûts de matières premières et des intrants. Les matières premières sont constituées des fruits, du sucre, de l'eau filtrée et de l'acide acétique et les intrants sont composés des emballages, des étiquettes, des cartons.

4.2.1.2.Organisation de la production

L'organisation de la production conditionne en partie l'organisation du travail.

a. Matériels de production

Les matériels de production employés pour la fabrication de vinaigre au sirop de fruit existent déjà au sein de l'entreprise et leurs coûts sont déjà amortis. Il s'agit de :

- Table en inox comme surface de travail
- Balance pour les pesages
- Réfractomètre pour le contrôle des matières sèches solubles
- Différents récipients (seau, cuvette...) pour contenir et transvaser les produits
- pH-mètre pour contrôler le pH
- Couteau pour le découpage des matières premières
- Cuiseur et pelle pour la cuisson
- Passoir et filtre pour le tamisage et la filtration

b. Main-d'œuvre

Un ouvrier est rémunéré à 4000 Ar la journée (8h) soit 500Ar/heure. Le nombre de main-d'œuvre affectée à la production de vinaigre au sirop de fruit dépend de la quantité de matières et de la durée de travail. Afin de mettre en évidence l'organisation du travail, le nombre de main-d'œuvre et la durée des opérations nécessaires pour obtenir 100 kg de produits sont montrés par le tableau XXXVII. La main-d'œuvre employée pour la fabrication de vinaigre au sirop de fruits est composée d'une équipe de trois ouvrières (ouvrière1, ouvrière2 et ouvrière3). Pour certaines opérations, telles que les prétraitements des fruits et le conditionnement, elles travaillent simultanément. Le nombre de main-d'œuvre affecté à ces tâches augmente avec la quantité de produits à obtenir. Cependant, une seule personne est capable d'effectuer les étapes restantes pour éviter le gaspillage de main-d'œuvre. Ce nombre est constant quelque soit la quantité à produire. Ainsi, il faut 276,47 minutes pour réaliser 100 kg de vinaigre au sirop d'ananas, soit 4 heures et 37 minutes. Pour produire la même quantité de vinaigre au sirop de pok-pok, il faut 424,50 minutes soit 7 heures et 4 minutes. La production de vinaigre au sirop de pok-pok prend plus de temps à cause des travaux de prétraitements des fruits.

Tableau XXXVII : Durée des opérations et la quantité de main-d'œuvre pour obtenir 100 kg de produits

Etapes	Durée de préparation (min/kg/pers)	Quantité (kg)	durée (min)	Main-d'œuvre	Durée totale (min)
Réception (pesage)		52,27	15	1	15
Triage	0,1	50,71	5,07	3	1,69
Enlèvement de la couronne	0,05	44,43	2,22	3	0,74
Lavage/égouttage	0,5	44,33	22,16	3	7,39
Etêtage/Equeutage/Epluchage	2	28,65	57,29	3	19,10
Découpage	2	27,71	55,41	3	18,47
Addition de sucre		33,87	5	1	5
Addition d'eau		6,16	5	1	5
A Mélange		67,74	0,25	1	0,25
N Cuisson-concentration		56,64	20	1	20
A Refroidissement		56,64	5	1	5
N Tamisage		40,40	20	1	20
A Pesage d'eau		58,18	5	1	5
S Pesage d'acide acétique		2,43	5	1	5
Mélange		60,61	0,25	1	0,25
Pesage du vinaigre		60,61	5	1	5
Pesage du sirop		40,40	5	1	5
Mélange		101,01	0,25	1	0,25
Filtration		100	5	1	5
Conditionnement (kg devient bouteille)	2	200	400	3	133,33
Durée totale					276,47
Réception (pesage)		38,89	15	1	15
Séparation de calice	15	29,75	446,24	3	148,75
Triage/Lavage/Egouttage	5	28,00	140,00	3	46,67
Addition de sucre		34,23	5	1	5
Addition d'eau		6,23	5	1	5
Mélange		68,46	0,25	1	0,25
P Cuisson-concentration		57,94	20	1	20
O Refroidissement		57,94	5	1	5
K Tamisage		40,40	20	1	20
- Pesage d'eau		58,18	5	1	5
P Pesage d'acide acétique		2,43	5	1	5
K Mélange		60,61	0,25	1	0,25
Pesage du vinaigre		60,61	5	1	5
Pesage du sirop		40,40	5	1	5
Mélange		101,01	0,25	1	0,25
Filtration		100	5	1	5
Conditionnement (kg devient bouteille)	2	200	400	3	133,33
Durée totale					424,50

c. Energie

L'énergie utilisée au cours de la fabrication est le gaz employé pour la cuisson-concentration. Il est contenu dans des bouteilles de 39 kg et son prix unitaire s'élève à 5600 Ar. La quantité de gaz nécessaire est de 0,8 kg environ.

d. Frais divers

Les frais divers englobent le transport des matières premières et l'eau de lavage des fruits. Le coût du transport des matières premières est estimé à 15000 Ar. Le lavage des fruits est également de l'eau filtrée.

4.2.1.3.Détails des charges

Les tableaux qui suivent donnent en détails, pour chaque parfum, les coûts de production de 100 kg de vinaigres au sirop de fruits conditionnés dans 200 bouteilles de 50cl.

Tableau XXXVIII: Coût de production du vinaigre au sirop d'ananas

	DESIGNATION	QUANTITE (kg)	PU (Ar/kg)	MONTANT (Ar)
MATIERES PREMIERES	Ananas	52,27	600	31368
	Sucre	33,87	2300	77901
	Eau filtrée	6,16	0,8	4,928
	Acide acétique	2,43	3840	9331,2
	Eau filtrée	58,18	0,8	46,544
ENERGIE	Gaz	0,8	5600	4480
MAIN D'ŒUVRE (h de travail)	ouvrière1 [4 h 37 min]	4,608	500	2304
	ouvrière2 [3 h 1 min]	3,012	500	1506
	ouvrière [3 h 1 min]	3,012	500	1506
FRAIS DIVERS	Transport des matières premières	1	15000	15000
	Eau de lavage des fruits	360	0,8	288
Total				143735,59
Prix au kilo				1437,36
Vinaigre au sirop d'ananas		100	1437,36	143735,59
INTRANTS (unité)	Bouteille [50cl]	200	300	60000
	Etiquette [4/papier A4, impression: 300Ar]	200	75	15000
	Carton [8 par carton]	25	700	17500
Total				236235,59

Tableau XXXIX: Coût de production du vinaigre au sirop de pok-pok

	DESIGNATION	QUANTITE (kg)	PU (Ar/kg)	MONTANT (Ar)
MATIERES PREMIERES	Pok-pok	38,89	1300	50557
	Sucre	34,23	2300	78729
	Eau filtrée	6,23	0,8	4,984
	Acide acétique	2,43	3840	9331,2
	Eau filtrée	58,18	0,8	46,544
ENERGIE	Gaz	0,8	5600	4480
MAIN D'ŒUVRE (h de travail)	ouvrière1 [7 h 4 min]	7,08	500	3537,5
	ouvrière2 [5 h 28 min]	5,48	500	2739,58
	ouvrière [5 h 28 min]	5,48	500	2739,58
FRAIS DIVERS	Transport des matières premières (unité)	1	15000	15000
	Eau de lavage des fruits	250	0,8	200
Total				167365,39
Prix au kilo				1673,65
Vinaigre au sirop de pok-pok		100	1673,65	167365,39
INTRANTS (unité)	Bouteille [0,5l]	200	300	60000
	Etiquette [4/papier A4, impression: 300Ar]	200	75	15000
	Carton [8 par carton]	25	700	17500
Total				259865,39

Le vinaigre au sirop d'ananas a le plus faible coût de production.

4.2.2. Estimation des prix

Le prix de revient est différent pour chaque type de vinaigres puisque la quantité et le prix des matières premières sont différents. Les prix de revient d'une bouteille de 0,5l de vinaigres au sirop de fruits sont donnés dans le tableau suivant avec le prix de vente proposé.

Tableau XL: Prix de vente des vinaigres au sirop d'ananas et de pok-pok (en Ar)

Désignation	Vinaigre au sirop d'ananas	Vinaigre au sirop de pok-pok
Coût de production (100l)	236235,59	259865,39
Prix de revient (0,5l)	1181,18	1299,33
Prix unitaire hors taxes (0,5l)	2083	2083
TVA (20%)	417	417
Prix de vente TTC	2500	2500
Prix conseillé (0,5l)	2800	2800

La marge obtenue par la production de vinaigre au sirop d'ananas est de 902 Ar soit 43% tandis que la marge obtenue par la production de vinaigre au sirop de pok-pok est de 784 Ar soit 38%.

Avec un prix conseillé de 2 800 Ar d'une bouteille de 50 cl des produits, les détaillants bénéficieront à leur tour d'une marge de 10,71%.

4.3. Conclusion partielle 4

La majorité de personnes enquêtées en ligne utilise du vinaigre. Parmi ces consommateurs, 74% emploie le vinaigre artificiel à cause de son abondance sur le marché et son prix abordable. Cependant, 75% de ces individus ajoutent au vinaigre d'autres substances telles que l'eau et le sucre pour atténuer son acidité. Même si le vinaigre au sirop de fruit est encore un produit peu connu, 95% des personnes enquêtées sont intéressées par ce nouveau produit, d'autant plus que la saveur aigre-douce est appréciée par 88% des sujets.

Le prix de vente des vinaigres au sirop de fruits est largement abordable par rapport aux prix des vinaigres importés. Il est assez élevé par comparaison avec ceux des vinaigres artificiels locaux, mais la bonne qualité des vinaigres au sirop de fruits justifie cet écart.

Conclusion générale



CONCLUSION GENERALE

En raison de leur richesse en termes de fonctions organoleptiques et nutritionnelles, les fruits symbolisent les notions de plaisir et de santé. La fabrication de sirop de fruits permet non seulement de valoriser et de conserver les fruits dont ils sont issus mais aussi d'aromatiser et d'enrichir divers produits. L'ananas et le pok-pok possèdent des caractéristiques propices à l'élaboration de sirop de fruits : juteux, acidulé, au goût et arôme prononcés.

A Madagascar, les vinaigres répandus sur le marché sont en majorité des vinaigres artificiels. A ces derniers sont souvent ajoutés d'autres produits pour en atténuer l'odeur et le goût âcre. L'ajout de sirop de fruits est alors une alternative pour améliorer ces vinaigres.

La technologie de fabrication de vinaigre ne suit pas les normes européennes car le produit ne résulte pas d'un procédé biologique. Ainsi, des mesures devront être prises au cours de la manipulation de l'acide acétique glacial afin de protéger le personnel (Cf. Annexe 15). Les expérimentations effectuées se sont tenues à des concentrations entre 2 à 6%. Concernant, la technologie de fabrication des sirops de fruit, une étude comparative de trois différents procédés a été effectuée afin d'en ressortir le plus adéquat. Le procédé choisi est celui dont le rendement global est le plus élevé, soit 59,65% pour l'ananas et 59,02% pour le pok-pok, et par lequel les sirops de fruits sont obtenus le jour même de la préparation des fruits et ont des caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques satisfaisantes.

La formulation des vinaigres au sirop de fruits a été effectuée au moyen des tests de classement qui ont permis de ressortir un vinaigre au sirop d'ananas et un vinaigre au sirop de pok-pok, issus d'un vinaigre à 4% d'acide acétique et d'un sirop de fruit à 40%.

Ces produits sont considérés satisfaisants. D'abord, leurs qualités organoleptiques sont appréciées par les consommateurs. Ensuite, les produits sont propres et sains à la consommation humaine et leurs propriétés physico-chimiques sont satisfaisantes même s'ils ne correspondent pas aux normes européennes ni à celles implantées au niveau de l'ACSSQDA. De plus, l'analyse microbiologique a confirmé la salubrité, de par l'absence des germes après fabrication, de ces vinaigres au sirop de fruits. Enfin, les produits sont stables.

L'étude de marché a conclu l'existence d'un marché local à saisir car les produits élaborés correspondent aux besoins des consommateurs. Ils disposent de nombreuses particularités et le prix de vente de 2 500 Ar des produits contenus dans une bouteille de 0,5l est abordable par rapport aux prix des vinaigres importés, bien qu'assez élevé par rapport à ceux des vinaigres artificiels locaux. Mais le niveau élevé de la qualité des vinaigres au sirop de fruits justifie cet écart.

Liste bibliographique



LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

Bibliographie

- [1]. ANDRIAMANANDRATRA A.F, 1985 ; La production de vinaigre à Madagascar : aspects technologiques et aspects socio-économiques ; Mémoire de fin d'études ; Département Industries Agricoles et Alimentaires ; Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques ; Université d'Antananarivo ; 78 pages.
- [2]. BAKRY F., DIDIER C., GANRY J., LE BELLEC F., LESCOT T., PINON A., REY J. Y., TEISSON C., VANNIERE H., 2006 ; Les espèces fruitières - Ananas ; Mémento de l'agronome ; 1691 pages.
- [3]. BAKRY F., BAKRY F., DIDIER C., GANRY J., LE BELLEC F., LESCOT T., PINON A., REY J. Y., TEISSON C., VANNIERE H., 2006 ; Les espèces fruitières d'importance secondaire - Le coqueret de Pérou ou physalis ; Mémento de l'agronome ; 1691 pages.
- [4]. BERRY B., 2011 ; Le marché mondial du vinaigre : Possibilités pour les exportateurs canadiens de vinaigre ; 18 pages
- [5]. BOITEAU P., BOITEAU M., BOITEAU L. A., 1999 ; Dictionnaire des noms malgaches de végétaux – Collection « Nature » : Flore de Madagascar ; 490 pages.
- [6]. CHEVALIER A., LEROY J. F., 1953 ; Les fruits exotiques ; Presses Universitaires de France; Paris ; 126 pages.
- [7]. CHEMONICS INTERNATIONAL INC., 2005 ; Etude de préfaisabilité sur l'agribusiness de l'ananas en République de Guinée - Projet activité de renforcement de la commercialisation agricole (ARCA); 45 pages.
- [8]. CTHA, 2006 ; La filière Physalis à Madagascar ; 10 pages
- [9]. D'ARCY W. G., RAKOTOZAFY A., 1994 ; Flore de Madagascar et des Comores/Famille 176. – SOLANACEAE ; 146 pages
- [10]. FAO, 2004 ; Situation actuelle et perspectives à moyen terme pour les fruits tropicaux ; 6 pages
- [11]. FRANCOIS M., 1993 ; Transformer les fruits tropicaux ; GRET ; Paris ; 222 pages
- [12]. INRA, 2007 ; Alimentation-Fruits et légumes ; n°9 ; 4pages.
- [13]. KOTLER P., DUBOIS B, 2002 ; Marketing-Management ; 790 pages.
- [14]. LEROY J. F. ; 1968 ; Les fruits tropicaux et subtropicaux ; Presses Universitaires de France; Paris ; 126 pages.
- [15]. LOISON-CABOT C., 1990 ; Fruits; pages 347-355.

- [16]. MADIGAN M., MARTINKO J., 2007 ; Biologie des micro-organismes ; Pearson Education France ; 1047 pages.
- [17]. METROHM; Analyse titrimétrique du vinaigre ; Application bulletin No. 84/2 f ; 8 pages
- [18]. MICROSOFT CORPORATION, 2008 ; Ananas ; Microsoft Encarta 2009 [DVD].
- [19]. MONROSE G. S., 2006 ; Standardisation d'une formulation de confiture de chadèque et évaluation des paramètres physico-chimiques, microbiologiques et sensoriels ; Mémoire de fin d'études ; département des sciences et technologie alimentaire; Université d'état d'Haïti ; Faculté d'Agronomie et de Médecine vétérinaire ; 60pages.
- [20]. MONTAGNAC P., 1960 ; Les cultures fruitières à Madagascar en 1960 ; Institut de recherches agronomiques à Madagascar ; 146 pages.
- [21]. MORTON J. F., 1987 ; Fruits des climats chauds - Physalis ; pages 430-434.
- [22]. MULTON J. L., 2002 ; Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires; 3ème Edition ; Lavoisier, F -75008 Paris ; 746 pages
- [23]. PY C., TISSEAU M.A., 1965 ; L'ananas ; G.-P.MAISONNEUVE ET LAROS, E ; Paris ; 291 pages.
- [24]. RATSIMBAZAFY F., 2004 ; Contribution à la valorisation de l'ananas d'Arivonimamo, Cas du sirop d'ananas, de l'ananas au sirop et de l'ananas confit ; Mémoire de fin d'études ; Département Industries Agricoles et Alimentaires ; Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques ; Université d'Antananarivo ; 140 pages.
- [25]. RALAMBOHARISOA L., 2003 ; La transformation de l'ananas en jus à Madagascar ; CITE ; Interdev Agroalimentaire ; 3 pages.
- [26]. RAMANAMIDONA J. Y., 2004 ; Bulletin bimestriel du centre technique horticole d'Antananarivo, Association interprofessionnelle de fruits, légumes et plantes ornementales, Etre au top avec le pok-pok ; 4 pages
- [27]. RODRIGUES, E.; ROCKENBACH, I. I.; CATANEO, C.; GONZAGA, L. V.; CHAVES, E. S.; FETT, R., 2009 ; Minerals and essential fatty acids of the exotic fruit *Physalis peruviana* L. ; pages 642-645
- [28]. WATTS B.M., YLIMAKI G.L., JEFFERY L.E., ELIAS L.G., 1991 ; Méthodes de base pour l'évaluation sensorielle des aliments ; 145 pages.

Webiographie

- [29]. ALDEN L., 1996 ; Vinaigres ; consulté le 12/01/2012 ;
<http://translate.googleusercontent.com>

- [30]. ANONYME; Calcul du pH d'une solution aqueuse d'acide faible ; consulté le 31/01/2012 ; <http://www.al.lu/chemistry.html>
- [31]. ANONYME, 2012 ; Acide acétique ; consulté le 01/07/2012 ; <http://fr.wikipedia.org/>
- [32]. ANONYME, 2008 ; Vinaigre ; consulté le 12/01/2012; <http://fr.wikipedia.org>
- [33]. ANONYME; Les utilisations et les vertus du vinaigre ; consulté le 23/01/12 ; <http://www.cfaitmaison.com/index.html>
- [34]. ANONYME ; 2012, Encyclopædia Universalis France ; consulté le 09/06/2012 ; <http://www.universalis.fr>
- [35]. ANONYME, 2008 ; Concours général des lycées, Session de 2008, Chimie de laboratoire et des procédés industriels, Classes de terminales ; consulté le 01/07/2012
- [36]. ANONYM ; Ananas ; consulté le 13/03/2012 ; <http://www.1001fruits.net/>
- [37]. ANONYME ; Ananas ; consulté le 19/02/2012 ; <http://fr.wikipedia.org>
- [38]. ANONYME; Ananas; Consulté le 13/03/2012; <http://de.orkos.com>
- [39]. ANONYME, 2002 ; Ananas ; consulté le 13/03/2012 ; www.mi-aime-a-ou.com
- [40]. ANONYME, 2012 ; Ananas ; consulté le 13/03/2012; <http://www.aprifel.com>
- [41]. ANONYME, 2010 ; Ananas ; consulté le 19/02/12 ; <http://www.passeportsante.net>
- [42]. ANONYME, 2012 ; Physalis ; consulté le 29/07/2012 ; <http://fr.wikipedia.org>
- [43]. ANONYME, 2012 ; Alkékenge (cerise de terre); Les Éditions Québec Amérique inc.; consulté le 29/07/2012 <http://www.servicevie.com>
- [44]. ANONYME; Physalis ; consulté le 29/07/2012 ; <http://www.bayer-agri.fr>
- [45]. ANONYME; Alkékenge, coqueret, cerise de terre ou amour en cage, consulté le 29/07/2012 ; <http://www.questmachine.org>
- [46]. ANONYME, 2012 ; Coqueret du Pérou, un autre amour en cage ; consulté le 29/07/2012 ; [http://www.rustica.fr.](http://www.rustica.fr)
- [47]. ANONYME; Physalis peruviana ; consulté le 29/07/2012 ; [www.newcrops.uq.edu.au.](http://www.newcrops.uq.edu.au)
- [48]. ANONYME, 2010 ; Sirop ; consulté le 16/01/2012 ; <http://fr.ekopedia.org>
- [49]. BOSTWICK H., 2005 ; Boissons vinaigre de fruits: Recette pour la santé ; consulté le 12/01/2012 ; <http://translate.googleusercontent.com>
- [50]. CHT, 2008 ; La filière ananas; consulté le 19/02/12; <http://www.ctht.org>
- [51]. DAINI E.; Titrage d'une solution d'acide acétique - TP Chim n° 7 - Lycée Paul Cézanne ; consulté le 01/07/2012 ; <http://labotp.org>
- [52]. INKANATURA, 2012 ; Aguaymanto : Planta Antioxydante ; consulté le 21/07/2012; <http://www.inkanatural.com/fr/>

- [53]. IREY, 2004 ; Ananas comosus 'Cayenne' ; consulté le 10/03/2012 ; <http://gardenbreizh.org>
- [54]. LE RESEAU DES CHIMISTES, 2001 ; Acide acétique ; consulté le 09/06/20012 ; <http://www.societechimiquedefrance.fr/>
- [55]. LES ASSAISONNEMENTS BRIARDS, 2011 ; Les vertus du vinaigre ; consulté le 24/01/2012; <http://www.moutarde-de-meaux.com>
- [56]. LES AUTORITES FEDERALES DE LA CONFEDERATION SUISSE, 2010 ; Ordonnance du DFI sur les boissons sans alcool (en particulier thé, infusions, café, jus, sirops, limonades) ; consulté 20/02/12 ; <http://www.admin.ch/ch/f/rs/rs.html>.
- [57]. MAEP, 2007 ; Système d'informations sur les marchés ruraux ; consulté le 13/03/2012 ; www.maep.gov.mg
- [58]. MINISTERE DU COMMERCE-Madagascar ; 2011 ; Agroalimentaire - Le pok pok est un créneau porteur ; La Gazette de la Grande Ile du jeudi 24 février 2011, n°2409 ; consulté le 21/07/2012 ; <http://www.commerce.gov.mg>.
- [59]. NICOLAS, 2005 ; Un peu d'histoire ; consulté le 18/02/2012 ; <http://www.inra.fr/>.
- [60]. ROCARD M., 1988 ; Le décret français ; consulté le 18/07/2012 ; <http://www.viticulture-oenologie-formation.fr>
- [61]. SNFV (Syndicat National des Fabricants de Vinaigres), 2002 ; L'histoire du vinaigre ; consulté le 23/01/2012 ; <http://www.vinaigre.fr>
- [62]. SNFV, 2002 ; Réglementation, Norme Européenne ; consulté le 23/01/2012 ; www.vinaigre.fr.
- [63]. SERVICE DE REPERTOIRE TOXICOLOGIQUE; Acide acétique ; consulté le 07/02/2012 ; <http://www.reptox.csst.qc.ca/htm>.

Supports de cours

- [64]. RAMAROSON J.B., 2010 ; Emballage et conditionnement ; cours 4ème année, Département Industries Agricoles et Alimentaires ; Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques ; Université d'Antananarivo.
- [65]. RAMAROSON J.B., 2011 ; Ingénierie ; cours 5ème année, Département Industries Agricoles et Alimentaires ; Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques ; Université d'Antananarivo.
- [66]. RANDRIATIANA R., 2011 ; Transformation des fruits et légumes ; cours 5ème année, Département Industries Agricoles et Alimentaires ; Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques ; Université d'Antananarivo.

- [67]. RANDRIATIANA R., 2010 ; Analyse sensorielle ; cours 4ème année, Département Industries Agricoles et Alimentaires ; Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques ; Université d'Antananarivo.
- [68]. RAONIZAFINIMANANA B., 2010; Français technique ; Cours de 4ème Année ; Département Industries Agricoles et Alimentaires ; Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques ; Université d'Antananarivo.
- [69]. SALGHI R ; Analyses physico-chimiques des denrées alimentaires ; Cours de 1^{ère} année ; Filière Génie des procédés, Energie et Environnement ; Ecole National des sciences Appliquées d'Agadir.

Parties expérimentales



PARTIES EXPERIMENTALES

Partie expérimentale 1: Mesure du pH

Le pH ou potentiel hydrogène est un indice caractérisant l'acidité ou la basicité d'un milieu ou d'une solution. Il tient une place importante dans le processus de transformation des fruits et légumes.

Matériels

- pH-mètre

Mode opératoire

- Rincer la sonde du pH-mètre à l'eau distillée puis étalonner avec une solution tampon pH=4
- Rincer à l'eau distillée de l'électrode après chaque étalonnage
- Mettre 40 g de produit dans un flacon
- Plonger la sonde dans le produit
- Lire la valeur sur l'écran

Résultats

Le résultat est la moyenne de trois mesures

Partie expérimentale 2: Mesure du degré Brix (Matière sèche soluble)

Matériels

Réfractomètre portatif 0°Brix à 30 °Brix

Mode opératoire

- Nettoyer le prisme du réfractomètre avec de l'eau distillée, puis sécher
- Mettre une goutte vinaigre sur le prisme et fermer
- Lire la valeur indiquée dans le viseur de l'appareil
- Rincer l'appareil.

Partie expérimentale 3: Analyse de la matière sèche totale

Matériels

- Capsules
- Etuve
- Dessiccateur
- Balance de précision

Mode opératoire

- Tarer une capsule avec couvercle (P0)
- Peser 10g (P1) dans la capsule tarée
- Porter à l'étuve 103°C jusqu'à poids constant
- Laisser refroidir dans un dessiccateur (P2)

Résultats

Le résultat se calcule de la manière suivante :

$$\%MS = \frac{P2 - P0}{P1} \times 100$$

Faire 3 opérations et prendre la moyenne

Partie expérimentale 4: Dosage de l'acidité titrable

Principe

Le but est de mesurer approximativement la teneur totale en acides naturels. Le dosage étant effectué par titration avec des bases fortes par virage d'un indicateur approprié.

Matériels

- Pipette graduée de 10ml
- Fiole jaugée
- Erlen Meyer
- Bécher
- Burette de Mohr

Mode opératoire

- Prendre 10 ml de vinaigre S₀ et étendre à environ 100ml avec eau distillée (S)
- Ajouter 3 gouttes de phénolphthaleïne
- Titrer avec hydroxyde de soude 0,1N jusqu'à apparition de coloration rose pertinente

Résultats

Les résultats doivent indiquer l'acide retenu pour calculer l'acidité titrable, cet acide étant généralement l'acide dominant du produit : ici, il s'agit de l'acide acétique. Un facteur de conversion est utilisé pour exprimer l'acidité titrable.

$$\%A = \text{chute de burette} \times 0,06$$

0,060 : facteur de conversion pour l'acide acétique.

Partie expérimentale 5: Contrôle de la stabilité

Objet et domaine d'application

La présente norme décrit des méthodes d'examen permettant de vérifier la stabilité biologique d'individus prélevés à partir d'un lot de produits de pH inférieur à 4,5.

Principe

Contrôle de la stabilité au moyen des épreuves suivantes :

- Incubation d'individus à 32° C
- Examen de l'aspect extérieur (en cours d'incubation et après incubation)
- Examen des caractéristiques suivantes sur des individus incubés et sur un témoin non incubé : aspect, odeur, pH, examen microscopique.
- Interprétation des résultats.

Appareillage

OPERATIONS	APPAREILLAGE
Incubation	Etuve, bien ventilée, réglable à 32° C ± 2° C
Mesure du pH	pH-mètre muni d'électrodes de verre, simples ou à pénétration
Examen microscopique	Matériel pour examens microscopiques notamment : un microscope avec différents objectifs, lames, lamelles etc.

Choix des individus

Pour réaliser l'ensemble des examens mentionnés, il est nécessaire de disposer d'au-moins 3 individus "normaux" y compris un individu servant de témoin, ce minimum étant fixé indépendamment de tout plan d'échantillonnage.

Mode opératoire

❖ Examen préalable

- Relever les différentes caractéristiques des individus retenus : Nature du produit, type et format de l'emballage, indications réglementaires et autres inscriptions figurant sur l'emballage l'étiquette ou l'illustration.
- Repérer chaque individu par un marquage indélébile.
- Le témoin doit être conservé à la température du laboratoire à la condition que celle-ci ne dépasse pas 25° C.

❖ Incubation

Les conditions d'incubation (température et durée) ont été choisies pour fournir les garanties optimales d'efficacité du contrôle.

Les individus doivent être disposés, sur un papier filtre ou un papier kraft, dans la position la plus favorable pour détecter une fuite éventuelle.

→ **Incubation à 32°C**

Placer, dans l'étuve réglée à 32° C, deux des individus choisis et les y laisser 21 jours. Pratiquer les examens journaliers de leur aspect extérieur et retirer de l'étuve les individus présentant un bombage ou une fuite, mais laisser ceux présentant un flochage.

→ **Examens après incubation**

Avant de procéder aux examens, laisser les individus pendant 24 heures à la température du laboratoire afin d'obtenir l'équilibre des températures.

Les examens doivent être effectués dans des conditions identiques à la fois sur les individus incubés et sur le témoin non incubé.

▪ *Aspect extérieur*

Noter l'aspect des individus. N'effectuer les examens suivants que sur les individus apparemment normaux.

▪ *Examen du produit*

Ouvrir les emballages et noter les modifications, qui auraient pu survenir par rapport au témoin, concernant l'odeur, l'aspect et la texture du produit (ne pas goûter les conserves incubées).

▪ *Mesurage du pH*

Effectuer les mesurages au moyen du pH-mètre soit sur le produit en l'état. Il est recommandé d'effectuer plusieurs mesures pour chaque individu.

▪ *Examen microscopique*

Effectuer l'étalement fin d'une goutte de produit sur une lame de verre.

Noter la morphologie de la flore microbienne et le nombre moyen de germes par champ microscopique.

Calculer le facteur $R = n / n_0$

Avec

n est le nombre moyen de germes pour individu incubé.

n₀ est le nombre moyen de germes pour individu témoin.

Interprétation des résultats

En fonction des examens énumérés dans la présente norme, un individu est considéré comme stable lorsqu'il présente l'ensemble des 4 caractéristiques suivantes après incubation à 32° C :

- absence de déformation de l'emballage

- absence de modifications concernant l'odeur, l'aspect et la texture du produit par rapport au témoin;
- différence de pH = 0,5 unité pH, par rapport au témoin le pH le plus élevé devant rester de toute façon inférieur à 4,5 ;
- absence de variation de la flore microbienne, du point de vue qualitatif et du point de vue quantitatif, facteur R < à 100 par rapport au témoin.

En cas de multiplication microbienne cette valeur de 100 serait largement dépassée.

Annexes



ANNEXES

Annexe 1 : Historique du vinaigre

Vers 5000 av. J.-C., les Babyloniens se servaient du fruit du dattier pour faire du vin et du vinaigre. Ils l'utilisaient comme aliment et agent de conservation. Des résidus de vinaigres ont été trouvés en Égypte ancienne dans des urnes vieilles de 3000 av. J.-C. Également, des textes portant sur l'histoire du vinaigre en Chine, datent de 1200 av. J.-C. Durant les temps bibliques, le vinaigre était utilisé pour donner du goût aux aliments, ajouter du piquant aux boissons et comme base de plusieurs médicaments ; son usage est mentionné dans l'Ancien et le Nouveau Testament. À titre d'exemple : après avoir travaillé fort à ramasser l'avoine dans les champs, Ruth fut invitée par Boaz à manger du pain et à le tremper dans le vinaigre. (Ruth 2 :14). Dans la Grèce Antique, vers 400 av. J.-C., Hippocrate, le père de la médecine moderne, prescrivait du vinaigre de cidre de pomme mélangé à du miel pour traiter plusieurs affections, y compris la toux et le rhume.

Peu à peu, la fabrication du vinaigre se systématisa. En 1394, la corporation des vinaigriers a été fondée. Ce groupe de marchands développa une méthode continue de fabrication du vinaigre appelé **méthode d'Orléans**.

Au Moyen Age, en France, le vinaigre, tout comme les épices (gingembre, cannelle, clou de girofle...) était très prisé. Mais à partir du XVème siècle, avec l'apparition du sucre dans les recettes, la saveur douce est venue concurrencer la saveur forte (épices) et la saveur acide (vinaigre).

Jusqu'au XVIIème siècle, le vinaigre était un sous-produit de la production de vin et de bière ; ce n'est que par la suite que le vinaigre devint une production à part entière.

À travers l'histoire, le vinaigre a été utilisé pour nettoyer et désinfecter les plaies des soldats et ses propriétés aseptiques contribuaient à en accélérer la guérison. Le vinaigre de cidre de pomme a été utilisé à cette fin durant la guerre civile américaine et même durant la première guerre mondiale.

Au fil des siècles, l'objectif était d'accélérer sa fabrication.

Des chercheurs tentèrent de percer les mystères du vinaigre.

En 1730, en Allemagne, Stahl met en évidence le rôle de l'alcool dans la fermentation acétique.

Gay-Lussac démontre expérimentalement l'importance de l'oxygène dans la fermentation vineuse, mais reste persuadé de son inutilité pour la fermentation acétique (rapport présenté le 3 décembre 1810 devant l'Institut).

Enfin, en 1822, un botaniste hollandais, Persoon, découvre le micro-organisme responsable de cette fermentation et le baptise *Mycoderma aceti*, se croyant être en présence de champignons.

Quelques années plus tard, le chimiste allemand Liebig met en évidence le caractère indispensable de la présence de matières organiques pour que cette fermentation se fasse. Ce n'est qu'en 1865 qu'enfin Louis Pasteur décrypte entièrement le processus par lequel le vin (ou un autre liquide alcoolisé) se mue en vinaigre, et démontre qu'il n'y a jamais d'acétification d'un liquide alcoolisé en l'absence de *Mycoderma aceti*. Un chimiste hollandais du nom de Martin Willem Beijerinck rebaptisera un peu plus tard ces derniers «*Acetobacters*».

L'alchimiste perse Jabir Obn Hayyan (Geber) concentra l'acide acétique à partir du vinaigre par distillation.

La présence d'eau dans le vinaigre influence considérablement les propriétés de l'acide acétique que pendant des siècles de nombreux chimistes ont cru que l'acide acétique glacial et l'acide présent dans le vinaigre étaient deux substances différentes. C'est le chimiste français Pierre Auguste Adet qui prouva qu'ils étaient le même composé chimique.

A Madagascar, la culture européenne a introduit l'usage du vinaigre. L'importation de ce produit n'a diminué qu'au moment où les usines malgaches ont commencé à en produire (Société BONGOU, 1979 ; Société SOJUFA, 1981...)

Actuellement, il existe à Madagascar une vingtaine de vinaigreries groupées presque en totalité dans la région d'Antananarivo [1].

Annexe 2: Historique de l'acide acétique

L'acide acétique fut distillé pour la première fois à partir du vinaigre par l'alchimiste perse Jabir Ibn Hayyan, plus connu sous la forme latinisée de son nom Geber. Durant la Renaissance, l'acide acétique « glacial » était préparé par distillation sèche d'acétates de métal. Au XVI^e siècle, l'alchimiste allemand Andreas Libavius en décrivit la procédure, et compara l'acide pur ainsi produit au vinaigre. La présence d'eau dans le vinaigre influence considérablement les propriétés de l'acide acétique que pendant des siècles de nombreux chimistes ont cru que l'acide acétique glacial et l'acide présent dans le vinaigre étaient deux substances différentes. C'est le chimiste français Pierre Auguste Adet qui prouva qu'ils étaient le même composé chimique.

En 1847, le chimiste allemand Hermann Kolbe synthétisa l'acide acétique à partir de matières inorganiques (le dichlore et le disulfure de carbone) pour la première fois. La

séquence de cette réaction consistait en la chloration de disulfure de carbone en tétrachlorométhane, suivie d'une pyrolyse en tétrachloroéthylène, puis d'une chlorination aqueuse en acide trichloroacétique, et enfin conclure par une réduction par électrolyse pour obtenir l'acide acétique.

Vers 1910, la majorité de l'acide acétique glacial était obtenu à partir de la « liqueur pyroligneuse » issue de la distillation du bois. L'acide acétique était isolé grâce à un traitement à l'hydroxyde de calcium, et l'acétate de calcium ainsi obtenu était alors acidifié par un ajout d'acide sulfurique pour reformer l'acide acétique. L'Allemagne en produisait à l'époque 10 000 tonnes par an, dont 30 % était utilisé pour la production de colorant indigo [35].

Aujourd'hui, l'acide acétique est essentiellement produit de façon synthétique, par carbonylation du méthanol.

Annexe 3: Conduite de la cuisson

LE TEMPS DE CUISSON

Les quantités à cuire ainsi que le matériel de chauffe devront être adaptés à la puissance de chauffe disponible. La cuisson de sirop est réalisée à feu moyen. La durée de cuisson varie entre 5 à 10 minutes. En effet, le temps d'ébullition oscille entre 3 à 5 minutes et la cuisson s'arrête entre 2 à 5 minutes à partir de l'ébullition.

Le temps de cuisson ne doit pas être trop long pour éviter tout phénomène de brunissement et le goût de cuit. Cependant, il doit être suffisant pour atteindre la concentration en sucre désirée. Les sirops titrent en général 65 à 70°Brix, le degré brix étant équivalent au pourcentage de sucre. Si le sirop est trop concentré, il y a formation de cristaux de sucre et il faut ajouter de l'eau au sirop. S'il n'est pas assez concentré, il risque de se fermenter.

LES MATERIELS

Les matériels nécessaires utilisés lors de la cuisson du sirop de fruit devront être propres et exempts de salissures. Ce sont :

❖ Le cuiseur :

La cuisson des matières est réalisée en bassine ouverte ou cuiseur avec agitateur manuel ou mécanique. Les matériaux utilisés pour la fabrication des cuiseurs peuvent être du cuivre étamé, de l'aluminium ou de l'acier oxydable.

Tableau XLI : Avantages et inconvénients des matériaux de construction des cuiseurs [64]

MATERIAUX	AVANTAGES	INCONVENIENTS
Cuivre étamé	• Excellente diffusion de chaleur	• Entretien difficile • Corrosion par les acides des fruits
Aluminium	• Meilleure diffusion de la chaleur que l'inox, • Matériau léger	• Faible résistance aux acides • Modification de la couleur du sirop
Acier inoxydable	• Entretien facile • Résistance à la corrosion • Pas d'oxydation de la vitamine C	• Coefficient de transfert de chaleur moins bon, donc consommation d'énergie supérieure • Coût onéreux

La comparaison des avantages et des inconvénients des différents matériaux de construction des cuiseurs fait ressortir que le cuiseur en acier inoxydable est nettement favorable à la cuisson de sirop de fruit.

Les cuiseurs sont chauffés par combustion de divers matériaux (bois, biomasse), gaz ou vapeur (chaudière).

❖ La pelle: est utilisée pour remuer le mélange lors de la cuisson si le cuiseur ne contient pas d'agitateur mécanique.

LES CONTROLES DE LA CUISSON

Pour déterminer la fin de la cuisson, il existe plusieurs méthodes :

- La mesure du degré Brix : C'est la mesure de la matière sèche soluble du produit. Les valeurs obtenues sont fiables, plus précises et rapides. La majorité des industriels utilise cette technique à l'aide du réfractomètre portatif. Les valeurs mesurées devront se trouver entre 65 et 70°Brix.

- La mesure de la température : il y a une valeur de correspondance entre la teneur en matière sèche du produit et la température. En effet, cette dernière s'élève au fur et à mesure que la concentration augmente. Toutefois, les valeurs peuvent être faussées par les variations de la pression atmosphérique et par le degré d'inversion du saccharose.

Le tableau suivant donne la correspondance entre les grandeurs mesurées au thermomètre et au réfractomètre.

Tableau XLII: Correspondance entre les grandeurs mesurées au thermomètre et au réfractomètre

Réfractomètre °Brix	60	61	62	63	64	65	66	67
Thermomètre °Celsius	103,8	104,0	104,1	104,3	104,7	105,0	105,3	105,5

Annexe 4: Historique de l'ananas

L'histoire de l'ananas commence le 4 novembre 1493, date à laquelle la plante a été rencontrée par Christophe Colomb et ses compagnons lorsqu'ils accostèrent sur les côtes guadeloupéennes. Le fruit était largement distribué en Amérique tropicale, où il contribuait notamment à l'alimentation des peuplades indiennes autochtones.

La dissémination de l'ananas dans le monde suivit de près l'ouverture des grandes voies maritimes par les Portugais et les Espagnols au cours du XVI^e siècle.

Sa présence à Madagascar a été signalée en 1548, avec l'arrivée des Portugais dans le nord et le nord-est. Les premières plantations furent installées par les colons sur la côte est. Ensuite, les ouvriers de ces plantations, ont contribué à l'expansion de cette plante dans toute l'île [18, 24].

Annexe 5: Cultivars de l'ananas

Les cultivars de l'ananas sont décrits dans le tableau suivant :

Tableau XLIII: Cultivars de l'ananas [2, 50]

GROUPES	CARACTERISTIQUES
« Cayenne » représenté par le cultivar Cayenne lisse.	2 kg en moyenne, cylindrique, écorce orangée-rouge à maturité, chair jaune pâle, sucre et acidité élevés. C'est la variété la plus connue et la plus cultivée au monde
« Spanish » qui caractérise le cultivar « Red Spanish ».	1,5 kg en moyenne, cylindrique (presque aussi large que haut), écorce épaisse, rouge orangée à maturité, chair jaune pâle, sucrée, peu acide.
« Perolera ou Mordilona »	1,5 à 3 kg, cylindrique, écorce orangée à maturité, chair pâle et ferme sucre moyen
« Perola ou Abacaxi »	1,5 kg en moyenne, conique, écorce vert à jaune pâle à maturité, chair blanchâtre, très sucrée et peu acide.
« Queen » représenté par le cultivar « Queen Victoria ».	1,3 kg en moyenne, écorce jaune à maturité, chair dorée, sucre élevé et acidité faible, arôme plus prononcé.

Annexe 6: Phase végétative de l'ananas [2, 15, 20, 23, 24]**a. Phase de croissance**

Après la plantation du rejet ; les racines et les feuilles vont se multiplier plus ou moins rapidement selon les conditions écologiques, le type de rejet utilisé et le cultivar utilisé.

C'est le méristème, situé au centre de la rosette

de feuilles rigides, qui donne naissance aux nouvelles feuilles portées par une tige très courte. La croissance s'arrête quand la plante possède 70 à 80 feuilles. Mais elle reprend après la récolte du fruit à partir du développement d'un bourgeon de la tige. Ce pied-fils donne à son tour un fruit plus petit que celui du pied-mère. Puis se forme de la même manière un pied-petit-fils et ainsi de suite. On peut ainsi avoir un grand nombre de génération végétative. Cependant, dans la pratique : deux générations suffisent sinon les fruits deviennent beaucoup trop petits.



Figure 19: Culture plantée, premier rejet et second rejet [15]

b. Floraison

Quand la croissance s'arrête et que la plante ne va plus donner de nouvelles feuilles, le méristème terminal de la tige commence à former le pédoncule, les bractées puis les fleurs de l'inflorescence. L'inflorescence apparaît au centre de la rosette 45 jours après l'arrêt de croissance de la plante. Ensuite la floraison proprement dite commence (ouverture de la 1ère fleur) 30 à 40 jours après. Elle dure 20 à 30 jours car toutes les fleurs ne s'ouvrent pas en même temps. Sur la côte Est de Madagascar, il existe 2 floraisons par an : une floraison principale en Août et une secondaire en Février.

c. Fructification

Le développement du fruit s'effectue sans la présence de fécondation. Après la floraison, le style, les étamines et les pétales se dessèchent et restent en place. Les fruits individuels issus de chacune des fleurs de l'inflorescence se forment principalement à partir de la prolifération parthénocarpique des tissus de l'ovaire. La fusion de ces fruits donne le fruit composé consommé. La peau rigide est composée de l'évolution post-floraison des tissus des sépales et des bractées ainsi que des extrémités des ovaires. Après la phase florale, l'axe de l'inflorescence, dont l'apex redifférencie des structures végétatives (la couronne), forme le « cœur » du fruit. De la fin de la floraison à l'obtention du fruit mûr, on compte environ 100 à 115 jours. Lors de la maturité, la couronne cesse de se développer. Les rejets peuvent par la suite donner de nouvelles plantes.

Annexe 7: Modes de conservation de l'ananas

Le tableau suivant montre les différents types de produits issus de la chair d'ananas en fonction des modes de conservation. Ces derniers peuvent être combinés.

Tableau XLIV: Mode de conservation de la chair d'ananas [24]

Modes de conservation		Produits obtenus
Conservation par le froid		ananas réfrigéré, ananas congelé, ananas surgelé
Conservation par diminution de l'A_w	Par convection	ananas séchés
	Par addition de sucre	sirop, confiture, gelée, marmelade, ananas au sirop, ananas confits, pâtes d'ananas
	Par addition de sel	ananas salés
	Par addition de vinaigre	chutney, pickles, conserve d'ananas
Conservation par traitement thermique		jus d'ananas, nectar d'ananas, ananas au sirop, chutney, pickles, conserve d'ananas, sirop, confiture, gelée, marmelade
Conservation par irradiation		jus d'ananas, ananas au sirop
Conservation par fermentation		vin d'ananas, liqueur d'ananas, vinaigre d'ananas, chutney, pickles

Annexe 8: Calendrier de récolte de l'ananas

Tableau XLVI: Calendrier de récolte de l'ananas [24]

LOCALISATION	VARIETES	MOIS DE RECOLTE	DESTINATION	
ZONES DES HAUTES TERRES	Talatanivolondry	Ananas Cayenne	Avril	Antananarivo
	Fihaonana	Ananas Cayenne	Février	Mahajanga
	Arivonimamo	Ananas Cayenne	Toute l'année surtout Janvier à Mars	Antananarivo, Mahajanga, Antsirabe
	Ambatofotsy et Ambohimiadana	Ananas Cayenne	Mars, Avril	Antananarivo, Antsirabe
	Mandoto	Ananas Cayenne	Février à Avril	Antsirabe
ZONES DE LA COTE EST	Sambirano	Ananas Cayenne	Novembre, Décembre	Antsiranana
	Maroantsetra	Ananas Cayenne et Victoria	Novembre, Décembre	Toamasina, Antananarivo
	Soanierana et Mananara	Ananas Cayenne et Victoria	Décembre	Toamasina
	Fénérive Est	Ananas Cayenne et Victoria	Novembre, Décembre	Toamasina
	Moramanga	Ananas Cayenne et Victoria	Novembre, Décembre	Toamasina, Antananarivo
	Vatomandry et Brickaville	Ananas Cayenne	Novembre, Décembre	
	Mahanoro	Ananas Cayenne	Novembre, Décembre	Toamasina, Antananarivo
	Mananjary et Ifanadiana	Ananas Cayenne	Novembre, Décembre	Fianarantsoa, Antananarivo
	Farafangana et Vangaindrano	Ananas Cayenne	Décembre	

Annexe 9 : Historique du pok-pok

Le pok-pok est une espèce originaire de l'Amérique du Sud (Colombie, Chili, Pérou) [9]. Il est connu depuis l'époque des Incas (ensemble des peuples qui vivaient sur le territoire du plus puissant des empires amérindiens des Andes, avant la conquête espagnole du XVI^{ème} siècle.) C'était l'une des plantes privilégiée du jardin des nobles et elle a particulièrement été cultivée dans la Vallée Sacrée des Incas [52]. Il a été distribué par les premiers explorateurs, la première fois en Angleterre en 1774, et a été largement introduite en culture dans d'autres régions tropicales, subtropicales et même des zones tempérées. Elle doit son nom de groseille

du Cap au fait qu'elle fut cultivée par les premiers colons du Cap de Bonne-Espérance avant 1807.

C'est une plante qui pousse facilement et on la retrouve actuellement sur les cinq continents. En effet, elle a été introduite dans de nombreuses régions du monde, notamment en Afrique, en Chine, en Inde, en Australie, en Nouvelle-Zélande et en Malaisie, où on la cultive commercialement depuis au moins 200 ans. Malgré tout, son potentiel reste nettement sous-exploité [21].

Annexe 10 : Phase végétative du pok-pok [3, 8, 45]

Le pok-pok peut être cultivé comme une plante annuelle ou bi-annuelle ou vivace dans les pays chauds (les pays d'origine). La durée entre le semis et la récolte varie entre 110 à 160 jours et la récolte dure 60 à 120 jours.

Le cycle biologique de la plante comprend les phases suivantes :

a. Phase de germination

La germination est le stade de levée qui mène la graine jusqu'à la jeune plante capable de croître normalement. A température ambiante comprise entre 18 et 24°C la germination s'effectue au bout de 10 à 15 jours. Au dessus du sol apparaissent la tige et deux feuilles cotylédonaires simples et opposées. Dans le sol, la racine possède un manchon de poils absorbants bien visible.

b. Phase de croissance

La croissance est l'augmentation de dimension d'un végétal. La racine s'allonge et prend l'aspect d'un filament blanchâtre sur lequel apparaissent des racines secondaires. Les trois premières vraies feuilles apparaissent et ne sont bien développées que vers le 15 au 21^{ème} jour. Les plants atteignent la hauteur de 15 cm et c'est le moment de la repiquer dans des pots plus larges. Les cultures sont implantées en extérieur, à leur place définitive un mois et demi après le repiquage. Les plants sont aux environs de 80 cm de haut. Les plants plus fragiles sont assistés avec un tuteur.

c. Floraision

La floraison est le développement des ébauches florales. C'est le passage de l'état végétatif à l'état reproducteur. A un certain moment de la croissance de la plante, le pok-pok entre en parallèle avec la mise à fleur.

d. Pollinisation

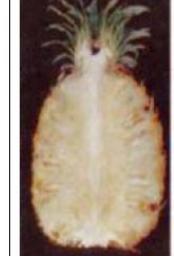
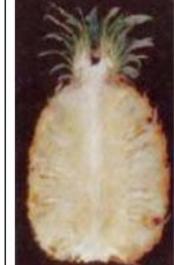
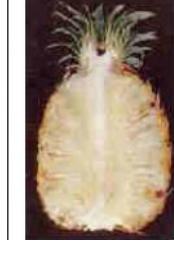
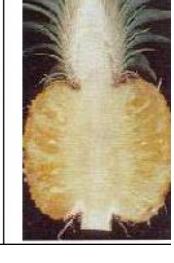
La pollinisation nécessite l'intervention des agents extérieurs, le vent ou certains insectes comme le bourdon qui est capable de faire vibrer les anthères et de libérer le pollen. La libération et la fixation du pollen reste sous la dépendance des facteurs climatiques.

e. Fructification et maturation du fruit

Le calice est accrescent, en effet il continue à croître après la floraison pour envelopper le fruit. Dans des conditions écologiques favorables, une seule plante peut produire 300 fruits. Après les chutes de fleurs, le calice se dilate, formant finalement une enveloppe. La baie issue de deux carpelles soudés est complètement charnue. Les placentas sont au centre et portent les graines. La maturation du fruit se caractérise par le grossissement du fruit et le changement de couleur du vert au jaune orangé. La lumière intense permet la synthèse active de matière organique qui est transporté rapidement vers les fruits en croissance. Lorsque le calice devient complètement brun-jaune et sec, cette dernière s'entrouvre pour laisser apparaître le fruit rond, jaune orangé. C'est la partie comestible, au goût légèrement acidulé.

Annexe 11 : Description de l'ananas suivant son niveau de maturité

Tableau XLVI : Description de l'ananas suivant son niveau de maturité [24]

Niveau de maturité			Observations
Ananas immature			<p>Chair blanche, opaque, fibreuse, sans parfum, sans saveur et parfois à goût amer, dure, collante ; Yeux creux ; Coloration verte.</p>
Ananas tournant			<p>Début de coloration dans le quart inférieur du fruit. Chair peu colorée, peu sucrée et très acide, sans arôme, dure ; Bonne résistance au choc pendant le transport.</p>
Ananas demi-mûr			<p>Moitié inférieure du fruit colorée Chair sucrée, peu translucide, colorée. Fermeté de la chair optimale Bonne résistance au choc pendant le transport</p>
Ananas mûr			<p>Fruit d'une couleur plus ou moins intense : les 2/3 inférieurs sont colorés Chair de bonne coloration, parfumée et sucrée.</p>
Ananas surmûr			<p>Chair très sucrée, très peu acide, très colorée, à plus de 50% de translucidité, à yeux noirs, très fragile avec parfois un début de fermentation Sensibilité au développement des champignons</p>

Annexe 12: Formulaires d'analyses sensorielles

1. Les tests de classement 1, 2, 3, 4 et 5

EPREUVE DE CLASSEMENT

Figure 20: Formulaire des tests de classement 1, 2, 3, 4 et 5

2. Le test de classement 6

<u>EPREUVE DE CLASSEMENT</u>					
Sujet :	Date :				
Sexe :					
Âge:					
Moins de 16ans	16 à 25 ans	26 à 35 ans	36 à 45 ans	46 à 55 ans	Plus de 55 ans
Veuillez classez les échantillons selon votre appréciation en inscrivant leur code dans les cases :					
1	2	3	4	5	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Le plus appétissant			Le moins appétissant		

Figure 21: Formulaire du test de classement 6

3. Les tests d'acceptation

<u>TEST D'ACCEPTATION</u>					
Echantillon:	Date :				
Sujet :					
Sexe :					
Âge:					
Moins de 16ans	16 à 25 ans	26 à 35 ans	36 à 45 ans	46 à 55 ans	Plus de 55 ans
Veuillez classez l'échantillon selon votre appréciation en cochant dans une case :					
<input type="checkbox"/>	Très désagréable				
<input type="checkbox"/>	Désagréable				
<input type="checkbox"/>	Assez désagréable				
<input type="checkbox"/>	Ni désagréable ni agréable				
<input type="checkbox"/>	Assez agréable				
<input type="checkbox"/>	Agréable				
<input type="checkbox"/>	Très agréable				
Commentaires :					

Figure 22: Formulaire des tests d'acceptation

4. Le test de préférence

<u>TEST DE PREFERENCE</u>					
Echantillon:	Date :				
Sujet :					
Sexe :					
Âge:					
Moins de 16ans	16 à 25 ans	26 à 35 ans	36 à 45 ans	46 à 55 ans	Plus de 55 ans
Goûtez les deux échantillons de vinaigre su sirop de fruits en face de vous, en commençant par l'échantillon de gauche. Cerclez le numéro de l'échantillon que vous préférez. Vous devez choisir un échantillon.					
631			228		

Figure 23: Formulaire du test de préférence

5. Les tests descriptifs

Sujet :									
Lieu :		Date :							
Nous vous proposons d'évaluer chacun des descripteurs pour cet échantillon à l'aide de l'échelle d'intensité allant de 0 à 5 :									
Echantillon : vinaigre au sirop d'ananas									
		Absence	Seuil juste identifiable	Faible	Modéré	Fort	Très fort		
ASPECT	Jaune très clair							Jaune clair	
	Substances en suspension	Limpide						Trouble	
ODEUR	Ananas								
	Acide acétique								
	Âcre								
	Autres :								
GOÛT	Sucré								
	Acide								
	Aigre-doux								
	Ananas								
	Âcre								
	Autres :								
Commentaires/ remarques :									
Echantillon : vinaigre au sirop de pok-pok									
		Absence	Seuil juste identifiable	Faible	Modéré	Fort	Très fort		
ASPECT	Jaune clair		0	1	2	3	4	5	Jaune doré
	Substances en suspension	Limpide							Trouble
ODEUR	Pok-pok								
	Acide acétique								
	Âcre								
	Autres :								
GOÛT	Sucré								
	Acide								
	Aigre-doux								
	Pok-pok								
	Âcre								
	Autres :								
Commentaires/ remarques :									

Figure 24: Formulaire des tests descriptifs

Annexe 13: Certificat de consommabilité



Figure 25 : Certificat de consommabilité

Annexe 14: Formulaire d'enquête en ligne sur la consommation de vinaigre au sirop de fruits à Madagascar

Ce formulaire est strictement anonyme! *Obligatoire

*Obligatoire

1. Vous êtes *

- Homme
- Femme

2. Quel âge avez-vous? *

- Moins de 16 ans
- 16 à 25 ans
- 26 à 35 ans
- 36 à 45 ans
- 46 à 55 ans
- Plus de 55 ans

3. Utilisez-vous du vinaigre? * Le vinaigre est un liquide acide obtenu par le procédé biologique de la double fermentation, alcoolique et acétique, de liquides ou d'autres substances d'origine agricole. A Madagascar, la plupart des produits portant la dénomination de "vinaigre" proviennent de la dilution d'acide acétique glacial.

- OUI
- NON

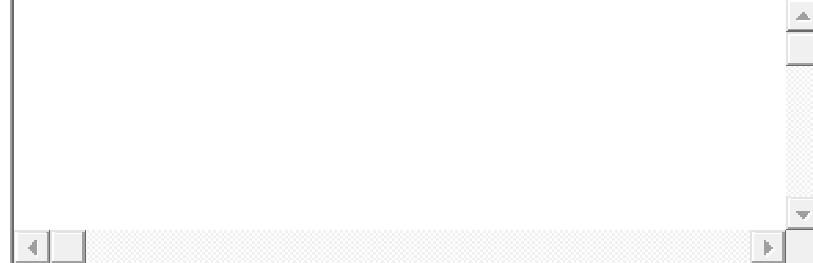
SI OUI, REPONDEZ AUX QUESTIONS a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p. SI NON, pour quelles raisons n'utilisez-vous pas du vinaigre et par quoi le remplacez-vous? Ecrivez vos raisons sur le blanc PUIS PASSEZ TOUT DE SUITE A LA QUESTION 4.

A large rectangular text input field with a light gray background. On the right side of the field, there are vertical scroll bars and horizontal scroll bars at the bottom. The text area is currently empty.

a. Dans quels domaines utilisez-vous le vinaigre?

- Cuisine
- Nettoyage et désinfection
- Autre :

b. Pour quelles raisons consommez-vous du vinaigre en cuisine?



A large, empty rectangular box with a light gray background, intended for handwritten or typed responses to question b. It features a horizontal scroll bar at the bottom with left and right arrows.

c. Quels types de vinaigres utilisez-vous?

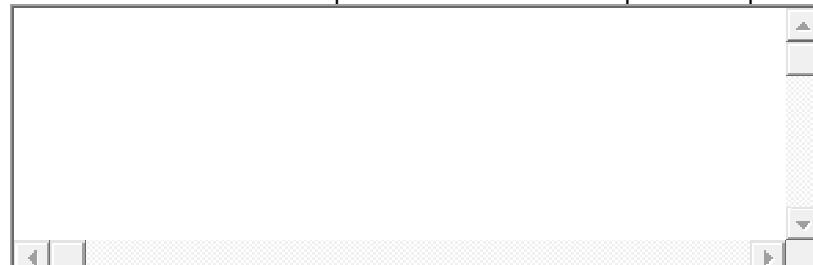
- Le vinaigre d'alcool ou vinaigre blanc: vinaigre obtenu à partir d'alcool de distillation par le procédé biologique de la fermentation acétique. Il est incolore et peut être coloré par l'ajout de caramel/A Madagascar, ce type de vinaigre est obtenu à partir de la dilution d'acide acétique
- Le vinaigre de vin : vinaigre obtenu seulement à partir de vin par le procédé biologique de la fermentation acétique
- Le vinaigre de fruit : vinaigre obtenu à partir de fruits par le procédé biologique de la fermentation alcoolique puis acétique
- Le vinaigre de cidre : vinaigre obtenu à partir de cidre par le procédé biologique de la fermentation acétique (le cidre est une boisson alcoolique provenant de la fermentation de jus de pomme fraîche ou d'un mélange de moûts de pomme et de poires fraîches)
- Le vinaigre de céréales : vinaigre obtenu à partir des céréales (sauf l'orge) par le procédé biologique de la fermentation alcoolique puis acétique
- Le vinaigre aromatisé : vinaigres des paragraphes précédentes avec addition d'herbes condimentaires, d'arômes (sucré, sel, miel...) et d'autres ingrédients (sirop de fruits, pulpes de fruits, jus de fruits...)
- Autre :

d. Quelles sont les raisons de votre choix?



A large, empty rectangular box with a light gray background, intended for handwritten or typed responses to question d. It features a horizontal scroll bar at the bottom with left and right arrows.

e. Précisez si possible la marque/le producteur de votre produit



A large, empty rectangular box with a light gray background, intended for handwritten or typed responses to question e. It features a horizontal scroll bar at the bottom with left and right arrows.

f. A quelle fréquence utilisez-vous les vinaigres cités précédemment ?*

- Plus d'une fois par jour (matin, midi et soir)
- Une fois par jour
- Une fois tous les deux ou trois jours
- Une fois par semaine
- Une fois par mois
- Occasionnellement

g. Les vinaigres que vous consommez sont:

- Des produits locaux
- Des produits importés
- Les deux en même temps

h. Quelle(s) est (sont) la (les) raison(s) de votre choix? Si vous utilisez des produits locaux, importés ou les

deux en même temps



i. Sur quels critères choisissez-vous vos vinaigres? Cochez dans l'ordre de vos préférences selon les critères : prix, marque, propriétés, emballage et composition. Exemple : prix (5) ; marque (2) ; propriété (3) ; composition (1) ; emballage (4)

	1	2	3	4	5
Prix	<input type="radio"/>				
Propriété	<input type="radio"/>				
Composition	<input type="radio"/>				
Marque/Producteur	<input type="radio"/>				
Emballage	<input type="radio"/>				

j. Vous utilisez le vinaigre dans vos préparations (vinaigrettes, sauces,...):

- en nature (sans rien ajouté)
- après avoir ajouté de l'eau, du sucre ou d'autres produits (à préciser dans la question suivante)

k. Quelle(s) est (sont) la (les) raison(s) de votre choix?

l. Connaissez-vous le vinaigre au sirop de fruit ?

- Oui
- Non

m. Seriez-vous intéressé par du vinaigre au sirop de fruit? * Si oui, référez-vous à la question suivante

- Oui
- Non

n. Cochez dans l'ordre de vos préférences les fruits qui vous semblent appropriés pour la fabrication de vinaigre au sirop de fruits. Exemple : ananas (1) ; pok-pok (2)

1	2
Ananas	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>
Pok-pok	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>

o. Seriez-vous prêt à augmenter votre budget pour l'achat de vinaigre au sirop de fruit ? * Si oui, référez-vous à la question suivante

- Oui
- Non

p. De quel ordre de prix seriez-vous prêt à augmenter votre budget?

- Inférieur à 5%
- 5 à 10 %
- 10 à 15 %
- 15 à 20 %
- 25 à 30 %
- 30 à 35 %
- 35 à 40%
- Supérieur à 40 %

4. Que pensez-vous de l'acide acétique dilué ? (cas de la plupart des vinaigres à Madagascar) *

5. Est-ce que vous avez déjà consommé "des plats aigres-doux" ou "des sauces aigres-douces"? * Des plats ou des sauces qui ont la saveur à la fois acide et sucré

- Oui
- Non

6. Est-ce que vous aimez ? *

- Oui
- Non

Annexe 15 : Mesures de protection au cours de la manipulation de l'acide acétique glacial.

Sachant les caractéristiques physico-chimiques de l'acide acétique glacial des mesures devront être prises pour prévenir les risques en milieu professionnel.

1. Au point de vue technique :

- Stockage
 - Stocker le produit dans des locaux frais et bien ventilés, à l'écart de toute source d'ignition (flammes, étincelle...), à l'écart des matières inflammables et des oxydants.
 - Bannir de la construction et du local tout métal ou objet métallique susceptible de réagir avec dégagement d'hydrogène au contact de l'acide acétique.
 - Le sol des ces locaux sera imperméable, résistant aux acides et formera une cuvette de rétention, afin qu'en cas de déversement, accidentel, le liquide ne puisse se répandre au-dehors. Selon l'importance du stockage, prévoir l'écoulement vers une fosse de neutralisation.
 - Maintenir les récipients soigneusement fermés et étiquetés correctement.
 - Prévoir, à proximité du local de stockage, des équipements de protection individuelle, notamment des appareils de protection respiratoire isolants autonomes, un poste d'eau à débit abondant.
 - Tenir les emballages hermétiquement fermés.
- Manipulation

- Instruire le personnel des risques présentés par le produit, des précautions à observer et des mesures à prendre en cas d'accident.
- N'entreposer dans les ateliers que des quantités limitées, ne dépassant pas celles nécessaires au travail d'une journée.
- Utiliser un appareil respiratoire isolant autonome et éviter le contact du produit avec la peau et les yeux. Mettre à la disposition du personnel des vêtements de protection résistant aux acides (combinaison, tablier), des bottes, des gants et des lunettes de sécurité. Ces effets seront maintenus en bon état et nettoyés après chaque usage. Les matières recommandées pour les gants et les vêtements dépendent de la concentration en acide acétique. Pour l'acide acétique concentré les matières recommandées sont le caoutchouc butyle néoprène. Le caoutchouc naturel, le caoutchouc nitrile et le PVC sont rapidement dégradés et le polychoroprène peut être dégradé en 1 à 4 heures.
- Prévoir l'installation de douches et de fontaines oculaires.
- Ne pas fumer, boire et manger dans les ateliers.
- En cas de fuite ou déversement accidentel de faible importance, récupérer immédiatement le produit à l'aide d'un absorbant inerte. Laver ensuite la surface souillée à l'eau.
- Ne pas rejeter l'acide acétique à l'égout ou dans l'environnement.

2. Au point de vue médical

Les principales voies d'exposition sont les voies respiratoire et cutanée. L'exposition par inhalation à des vapeurs ou des aérosols d'acide acétique provoque immédiatement des signes d'irritation des voies respiratoires. Les projections cutanées et oculaires de solutions concentrées d'acide acétique produisent des lésions caustiques locales sévères, si une décontamination n'est pas rapidement réalisée.

- En cas de contact cutané, retirer immédiatement les vêtements souillés et laver la peau à grande eau pendant 15 minutes. Ne réutiliser les vêtements qu'après les avoir décontaminés. Si des lésions cutanées apparaissent ou si la contamination est étendue ou prolongée, consulter un médecin.
- En cas de projection oculaire, laver immédiatement et abondamment à l'eau tiède pendant 15 minutes, puis consulté un ophtalmologiste.
- En cas d'ingestion de solution concentrée dont le pH est inférieur à 2, ou d'une solution dont le pH n'est pas connu, quelle que soit la quantité absorbée, ne pas faire boire et ne pas tenter de provoquer des vomissements ; faire transférer rapidement par ambulance médicalisée en milieu hospitalier pour bilan des lésions caustiques du tractus digestif, surveillance et traitement symptomatique.

TABLE DES MATIERES

Remerciements	
SOMMAIRE	i
Liste des figures.....	i
Liste des tableaux	iii
Liste des parties expérimentales.....	v
Liste des annexes.....	v
Liste des abréviations et des acronymes.....	vi
INTRODUCTION GENERALE.....	1
PARTIE I : GENERALITES SUR L'ETUDE.....	2
1.1. Présentation du projet	2
1.1.1. Contexte et problématique.....	2
1.1.2. Objectifs	2
1.2. Généralités sur le vinaigre.....	3
1.2.1. Définitions	3
1.2.2. Législation sur le vinaigre	3
1.2.2.1. La norme au niveau de l'ACSSQDA	4
1.2.2.2. La norme européenne	4
1.2.3. Production de vinaigre.....	6
1.2.4. Principales utilisations du vinaigre.....	7
1.2.4.1. Utilisations en cuisine.....	7
1.2.4.2. Utilisations pour le bien-être et la santé	7
1.2.4.3. Utilisations pour la beauté	8
1.2.4.4. Utilisations pour le nettoyage et la désinfection des produits ménagers	8
1.3. Généralités sur l'acide acétique.....	8
1.3.1. Description	8
1.3.2. Propriétés physico-chimiques.....	9
1.3.3. Production et synthèse.....	9
1.3.4. Importance de l'acide acétique.....	10
1.3.4.1. Utilisations.....	10
1.3.4.2. Situation actuelle de la filière	11
1.4. Généralités sur le sirop de fruit	11
1.4.1. Définition.....	11
1.4.2. Principe de base.....	11
1.4.3. Caractéristiques du sirop de fruits	11

Table des matières

1.4.4.	Utilisations.....	12
1.4.5.	Procédés de fabrication de sirop de fruit	12
1.4.5.1.	Les matières premières	12
1.4.5.2.	Diagramme de fabrication	12
1.5.	Généralités sur l'ananas.....	15
1.5.1.	Botanique.....	15
1.5.1.1.	Classification	15
1.5.1.2.	Description morphologique	15
1.5.1.3.	Mode de reproduction.....	16
1.5.2.	Ecologie de la plante	16
1.5.3.	Importance de l'ananas.....	17
1.5.3.1.	Valeurs nutritionnelles.....	17
1.5.3.2.	Les vertus.....	18
1.5.3.3.	Utilisations.....	19
1.5.3.4.	Situation actuelle de la filière	19
1.6.	Généralités sur le pok-pok.....	20
1.6.1.	Botanique.....	20
1.6.1.1.	Classification et dénomination	20
1.6.1.2.	Description morphologique	21
1.6.1.3.	Mode de multiplication.....	21
1.6.2.	Ecologie de la plante	22
1.6.3.	Importance du pok-pok.....	22
1.6.3.1.	Valeurs nutritionnelles.....	22
1.6.3.2.	Les vertus.....	23
1.6.3.3.	Utilisations.....	23
1.6.3.4.	Situation actuelle de la filière	23
1.7.	Conclusion partielle 1	25
PARTIE II : CONCEPTION DES VINAIGRES AU SIROP D'ANANAS ET AU SIROP DE POK-POK	26	
2.1.	Mise au point de la fabrication de vinaigre	26
2.1.1.	Matériels.....	26
2.1.1.1.	Matières premières	26
2.1.1.2.	Outils de travail	27
2.1.2.	Méthodes	27
2.1.2.1.	Choix des concentrations acétiques	27
2.1.2.2.	Calcul de la masse des matières premières.....	27

Table des matières

2.1.2.3. Contrôle de l'acidité	28
2.1.3. Résultats	29
2.1.3.1. La quantité des matières premières utilisées et pH des vinaigres obtenus	29
2.2. Mise au point de la fabrication de sirop d'ananas et pok-pok	30
2.2.1. Matériels	30
2.2.1.1. Matières premières	30
2.2.1.2. Outils de travail	32
2.2.2. Méthodes	32
2.2.2.1. Choix de la technologie appropriée	32
2.2.2.2. Calcul des rendements	32
2.2.2.3. La durée de fabrication et facilité de réalisation.....	35
2.2.2.4. La qualité des sirops de fruit.....	35
2.2.2.5. La quantité de matières premières	36
2.2.3. Résultats	36
2.2.3.1. Rendements	36
2.2.3.2. La quantité et le coût des matières premières.....	39
2.2.3.3. La durée de fabrication, la facilité de réalisation et les sous-produits.....	40
2.2.3.4. La qualité des sirops de fruit.....	41
2.2.3.5. Comparaison des trois procédés	42
2.3. Formulation et mélange	43
2.3.1. Matériels et méthodes	43
2.3.1.1. Principe.....	43
2.3.1.2. Déroulement de l'épreuve	44
2.3.2. Résultats	46
2.4. Filtration	48
2.4.1. Matériels et méthodes	48
2.4.2. Résultats	49
2.5. Conditionnement	49
2.6. Conclusion partielle 2	49
PARTIE III: QUALITES, APPRECIATIONS ET TEST DE STABILITE DES PRODUITS FINIS..	51
3.1. Qualités et appréciations des produits finis	51
3.1.1. Analyses sensorielles.....	51
3.1.1.1. Matériels	52
3.1.1.2. Méthodes	53
3.1.1.3. Résultats	54
3.1.2. Analyses physico-chimiques	57
3.1.2.1. Matériels et méthodes.....	57

Table des matières

3.1.2.2.	Résultats	58
3.1.3.	Analyses microbiologiques	59
3.1.3.1.	Matériels et méthodes.....	59
3.1.3.2.	Résultats	60
3.2.	Contrôle de stabilité.....	60
3.2.1.	Objet et domaine d'application	60
3.2.2.	Principe.....	60
3.2.3.	Appareillage	61
3.2.4.	Méthodes	61
3.2.4.1.	Nombre d'échantillons	61
3.2.4.2.	Examens préalables	61
3.2.4.3.	Incubation.....	61
3.2.4.4.	Examens après incubation	61
3.2.4.5.	Examen microscopique	62
3.2.5.	Résultats	62
3.3.	Conclusion partielle 3.....	63
PARTIE IV : ETUDE DE MARCHE ET ETUDE ECONOMIQUE SOMMAIRE DU PROJET	64	
4.1.	Etude de marché	64
4.1.1.	Situation mondiale de la filière vinaigre.....	64
4.1.2.	Evaluation de la place des vinaigres au sirop de fruits sur le marché	66
4.1.2.1.	Matériels et méthodes.....	66
4.1.2.2.	Résultats	66
4.1.3.	Evaluation de la demande.....	67
4.1.3.1.	Matériels et méthodes.....	67
4.1.3.2.	Résultats	67
4.1.4.	Politique marketing	68
4.1.4.1.	Produit	68
4.1.4.2.	Prix	71
4.1.4.3.	Place ou distribution	73
4.1.4.4.	Promotion	73
4.2.	Evaluations économiques sommaires	73
4.2.1.	Les charges affectées à la production de vinaigres au sirop de fruits.....	73
4.2.1.1.	Les charges liées directement au produit.....	74
4.2.1.2.	Organisation de la production.....	74
4.2.1.3.	Détails des charges	76
4.2.2.	Estimation des prix	77
4.3.	Conclusion partielle 4.....	78

Table des matières

CONCLUSION GENERALE	79
LISTE BIBLIOGRAPHIQUE.....	80
PARTIES EXPERIMENTALES.....	85
ANNEXES	90
TABLE DES MATIERES.....	111

UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES AGRONOMIQUES - DEPARTEMENT INDUSTRIES AGRICOLES ET
ALIMENTAIRES
Tel : 22 228 67 – BP 175 – CP : 101



Maevasoa Kantonirina
RAMAROSON
034 80 443 11
rmaevasoa@gmail.com

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme
d'Ingénieur Agronome
Option Industries Agricoles et Alimentaires

« Mise au point de vinaigres au sirop de fruits »

FAMINTINANA

Noforonina ny vinaingitra miaraka amin'ny siraom-boankazo mba ho fanomezan-danja ny mananasy sy ny voanatsindrana ary mba hanatsarana ireo vinaingitra azo avy amin'ny fanapohana rano ny asidra « acétique ». Ny habetsahan'ny asidra « acétique » nampiasaina dia 2 hatramin'ny 6%. Ny fomba fanaovana sirao nosafidiana dia manana taham-pamokarana 59,65% ho an'ny mananasy ary 59,02% ho an'ny voanatsindrana. Ny fikajiam-pamarana ireo vinaingitra dia natao tamin'ny alàlan'ny analizy ara-pahatsapana ka nahafahana namoaka vokatra namboarina tamin'ny vinaingitra misy asidra « acétique » 4% nafangaro tamin'ny siraom-boankazo 40%. Ny analizy fizika, simika ary mikrobioljika dia namaritra mazava fa tena sakafio madio sy ara-pahasalamana ireo vokatra azo ireo. Ny fanotrehana azy ireo tamin'ny fepetra manimba azy haingana dia tsy nampiova firy azy ireo loatra koa maneho ny faharetany izany. Mitontaly ho 1181 Ar ny vola lany amin'ny famokarana tavoahangy misy 50cl vinaingitra miaraka amin'ny sirao vita amin'ny mananasy ary 1299 Ar kosa ny an'ilay miaraka amin'ny siraom-boanatsindrana.

Teny fototra : vinaingitra, asidra « acétique », siraom-boankazo, mananasy, voanatsindrana, fikajim-pamarana

RESUME

Des vinaigres au sirop de fruits ont été créés pour contribuer à la valorisation de l'ananas et du pok-pok et pour améliorer les vinaigres issus de la dilution d'acide acétique glacial. Les concentrations d'acide acétique considérées sont de 2 à 6%. Le procédé de fabrication de sirop de fruit choisi a un rendement global de 59,65% pour l'ananas et de 59,02% pour le pok-pok. La formulation de ces vinaigres a été effectuée au moyen des analyses sensorielles qui ont permis de ressortir des produits préparés à partir d'un vinaigre à 4% d'acide acétique mélangé avec 40% de sirop de fruit. Les analyses physico-chimiques et microbiologiques ont conclu que les produits sont propres et sains à la consommation humaine. Dans des conditions de vieillissement accéléré, la stabilité des caractéristiques des produits peuvent laisser présager une bonne conservabilité. Le coût de production d'une bouteille de 50 cl de vinaigre au sirop de fruits est de 1181 Ariary pour l'ananas et 1299 Ariary pour le pok-pok.

Mots clés : vinaigre, acide acétique, sirop de fruit, ananas, pok-pok, formulation

ABSTRACT

We created vinegars to the syrup of fruits to contribute to the enhancement of the pineapple and the goldenberry and to improve the vinegars resulting from the dilution of pure acetic acid. The concentrations of acetic acid considered are from 2 to 6%. The manufacturing process of syrup of fruit that we chose has a global output of 59,65% for the pineapple and 59,02% for the goldenberry. The formulation of these vinegars has been done by the sensoriel analysis that permitted to have products prepared from a vinegar with 4% of acetic acid mixed to 40% of syrup of fruit. The physico - chemical and microbiological analysis concluded that the products are clean and healthy for human consumption. In accelerated aging conditions, the stability of product features can let foretell a good shelflife. The production of the bottle of 50cl cost 1181 Ariary for the vinegar to the syrup of pineapple and 1299 Ari for the vinegar to the syrup of goldenberry.

Key words : vinegar, acetic acid, syrup of fruits, pineapple, Goldenberry, formulation