

Apport nutritionnel et acceptabilité des produits issus des transformations des ignames malgaches

Mirana Karine RATSIMBAZAFY^{1*}, Eddie Fitiavana RASOAMAMPIANINA¹,
Mamy Tiana RAJAONAH² et Julia Louissette RAZANAMPARANY¹

¹ Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, Laboratoire de Biochimie Appliquée aux Sciences de l'Alimentation et à la Nutrition (LABASAN), BP 906 Antananarivo, Madagascar

² Royal Botanical Gardens Kew-Madagascar Conservation Center, Ecosystem Stewardship, Ambodivoanjo Ivandry, Antananarivo, Madagascar

(Reçu le 22 Mars 2021 ; Accepté le 10 Juin 2021)

* Correspondance, courriel : miranakarineratsimbazafy@gmail.com

Résumé

L'objectif de la présente étude est de déterminer l'apport nutritionnel et l'acceptabilité des produits issus des transformations d'ignames, en vue d'une diversification alimentaire pour la population malgache. Six espèces de *Dioscorea* récoltées au Nord de Madagascar ont été transformées en frites et en chips. Ainsi, les tubercules sont pelés, lavés et coupés en bâtonnets ou en fines tranches, puis frits dans une huile bouillante. Les teneurs en macronutriments à savoir les protéines et les lipides ont été déterminées. Des dégustations ont été effectuées afin d'évaluer l'acceptabilité des produits étudiés. Les résultats mettent en évidence l'effet variétal sur la valeur nutritionnelle des frites et des chips. Les produits transformés à partir de *Dioscorea maciba* ont les plus fortes teneurs en protéines, avec 7,70 % pour les chips et 8,58 % pour les frites. Les chips sont plus riches en matières grasses et de ce fait apportent plus d'énergie, puisqu'elles absorbent plus l'huile. L'épreuve hédonique indique que les Malgaches n'ont pas d'aversion pour les ignames. Les frites de *Dioscorea buckleyana* et les chips de *Dioscorea pteropoda* sont les plus appréciées. Les fritures à base d'igname ont de fortes potentialités nutritionnelles et leur appréciation pourront permettre l'introduction de cette plante dans l'alimentation à Madagascar.

Mots-clés : *igname, frites, chips, composition nutritionnelle, appréciation, Madagascar.*

Abstract

Nutritional contribution and acceptability of products resulting from the processing of Malagasy yams

The objective of this study is to determine the nutritional value and acceptability of processed yam products, in order to diversify Malagasy population diet. Six *Dioscorea* species harvested in northern Madagascar were processed into French fries and crisps. Then, the tubers were peeled, washed and cut into sticks or thin slices, then fried in boiling oil. The levels of macronutrients, such as proteins and lipids, were determined. Tastings

were conducted to assess the acceptability of the studied products. The results emphasize the nutritional value range of French fries and chips for each species. The processed products from *Dioscorea maciba* have the highest protein content, with 7.70 % for crisps and 8.58 % for French fries. Crisps are richer in fat and therefore provide more energy, as they absorb more oil. The hedonic test indicates that the Malagasy have no repugnance to yams. *Dioscorea buckleyana* French fries and *Dioscorea pteropoda* crisps are the most popular. Fried yams have a high nutritional potential, and their appreciation could allow the introduction of this plant in the diet of Madagascar.

Keywords : *yam, French fries, crisps, nutritional composition, appreciation, Madagascar.*

1. Introduction

L'igname tient une place importante dans l'alimentation des pays tropicaux comme l'Afrique, l'Asie du Sud et les Caraïbes [1]. Cette plante, du genre *Dioscorea* et appartenant à la famille des *Dioscoreaceae*, est caractérisée par une tige feuillée lianescente, un tubercule et pour certaines espèces des bulbilles. Plus de 400 espèces ont été recensées à travers le monde et quelques espèces s'avèrent importantes, comme *Dioscorea alata*, *Dioscorea cayenensis*, *Dioscorea rotundata*, *Dioscorea bulbifera*, *Dioscorea dumetorum* et *Dioscorea esculenta* [2]. Des études sur les ignames malgaches ont été déjà effectuées dans notre laboratoire démontrant les potentialités nutritionnelles de cette plante [3, 4]. La composition biochimique des ignames est proche de celle de la pomme de terre. La teneur en eau varie de 58 à 80 % [5]. Ce tubercule est hautement énergétique avec environ 90 % de glucides, constitués principalement par l'amidon [1]. Il contient une faible quantité de matières grasses mais est riche en protéines. Sa teneur en protéines est largement supérieure à celle des maniocs ou les patates douces [6]. A Madagascar, plus de 40 espèces de *Dioscorea* ont été inventoriées dont la majorité est endémique, et de nouvelles espèces continuent d'être découvertes par les scientifiques. Ces nombreuses espèces sont réparties dans presque toutes les régions de l'île. Cependant, les cultures concernent surtout *D. esculenta* et *D. alata*, surtout les variétés ovibe, ovilalaina et florido ; pour les autres espèces, elles restent à l'état sauvage et donc récoltées dans les forêts. Toutefois, ce tubercule reste relégué au second plan. En effet, sa consommation se fait surtout pendant la période de soudure lorsque le stock de riz ne suffit plus. Contrairement à ce qui est observé dans les pays consommateurs d'igname, les modes de préparation de cet aliment ne sont pas encore très diversifiés sur la Grande Ile.

En général, l'igname est cuite à l'eau en grosses tranches (batabata) soit en petits morceaux sous forme de soupe, souvent accompagnée de coco (sambaika) [7]. De plus, un manque d'expériences est observé concernant les modes de transformation de ce tubercule. Il est rare de trouver des cossettes d'ignames, une pratique permettant la conservation des tubercules, alors que cette pratique est assez répandue pour le manioc [8]. L'Afrique a produit 70 millions de tonnes d'ignames en 2017, ce qui correspond à 97 % de la production mondiale, montrant ainsi l'importance sociale et culturelle de ce tubercule [9]. Cette production est concentrée dans cinq pays [10] à savoir le Nigéria, le Bénin, le Togo, la Côte d'Ivoire et le Ghana. En effet, l'igname est présente dans le quotidien de la population de ces pays avec le manioc, le maïs et plus faiblement, le riz. Le continent africain est déjà bien avancé sur les transformations et conservations de l'igname. Plusieurs préparations peuvent être retrouvées dans les marchés comme l'igname bouillie, frite ou grillée. Elle peut aussi être consommée sous forme de pâte comme l'amala ou l'igname pilée ou en couscous. A part les diverses méthodes de stockage des tubercules frais, l'igname est vendue sous forme de farine ou de cossettes, des produits conservables à plus long terme, ce qui permet d'apprécier cette denrée tout au long de l'année [1]. La population Malgache a une alimentation assez rigide basée sur la consommation de riz, à chaque repas [11]. Les multiples ressources naturelles de Madagascar devraient permettre d'améliorer la sécurité alimentaire de la population par l'accessibilité des denrées et la diversification de l'alimentation.

Ainsi, des aliments potentiels comme l'igname doivent être mis en valeur. Une diversification des modes de préparation pourrait permettre une meilleure acceptation de cet aliment par la population Malgache, d'où l'intérêt de notre étude qui est de valoriser les produits de transformations d'ignames provenant du Nord de Madagascar. La friture est une des transformations les plus prisées à travers le monde, puisqu'elle permet la création d'un produit avec une texture et une saveur uniques. Les frites sont des produits alimentaires très prisés et servis dans la plupart des restaurants. Quant aux chips, ils tiennent une place importante dans le groupe des aliments snacks. L'objectif de notre étude est d'évaluer les potentialités nutritionnelles et l'acceptabilité de ces deux produits de friture issus de six espèces d'ignames.

2. Matériel et méthodes

2-1. Matériel d'étude

Les tubercules de six espèces d'ignames d'intérêt proviennent du Nord de la Grande Ile : *Dioscorea pteropoda*, *D. buckleyana*, *D. sambiranensis var bardotiae* et *D. maciba* ont été récupérées dans les forêts du district d'Antsiranana. Dans le district d'Ambanja, une espèce introduite et cultivée dans la région, *Dioscorea alata*, et une autre espèce à l'état sauvage *Dioscorea seriffora* ont été également collectées. Les échantillons sont transportés depuis leur localité vers le laboratoire. Les tubercules sont placés à température ambiante, dans un endroit aéré et à l'abri de la lumière, jusqu'à leur utilisation pour les transformations et analyses.

2-2. Méthodes technologiques

Les tubercules sont lavés et pelés à l'aide d'un couteau, en prenant soin d'enlever toutes les impuretés. Après un second lavage, un découpage manuel est effectué : une partie est découpée sous forme de bâtonnet, style frite. Le reste est émincé de façon à obtenir de fines tranches de quelques millimètres d'épaisseur. Les bâtonnets sont ensuite égouttés et frits dans une huile bouillante. Les chips sont blanchies puis mises dans l'huile pour la friture. Les produits obtenus de la friture sont emballés jusqu'à la dégustation.

2-3. Analyse de la composition proximale

Pour chaque échantillon, les teneurs en eau, en cendres brutes, en lipides, en protéines et en glucides sont analysées. La teneur en eau des échantillons est déterminée par la méthode gravimétrique basée sur une déshydratation à $103 \pm 2^\circ\text{C}$. Le poids de l'échantillon final permet de calculer la quantité d'eau initiale contenue dans l'aliment. La teneur en cendres brutes est obtenue après une incinération à haute température 550°C , jusqu'à avoir des cendres de couleur blanche ou grise [12]. La méthode d'extraction par Folch permet d'évaluer la quantité de lipides dans les produits de friture [13]. Le dosage des protéines totales se fait par la méthode de Kjeldahl, en utilisant le facteur de conversion 6,25. Le pourcentage en glucides est déduit à partir des pourcentages en eau, en protéines, en lipides et en minéraux.

2-4. Analyse sensorielle

Une épreuve hédonique permet d'évaluer le niveau d'acceptabilité de chaque produit ainsi que de déterminer parmi les différents produits ceux qui sont considérés comme les meilleurs. Le panel de juges est constitué de 60 personnes n'ayant pas été initiées à l'analyse sensorielle. Il leur est demandé de noter l'aspect, le goût, la texture, l'arôme ainsi que l'observation générale de chaque produit présenté. Le système de notation utilisé est l'échelle hédonique à 9 points : 1 signifie « extrêmement désagréable », 5 « ni agréable ni désagréable » et 9 désigne « extrêmement agréable ». En plus des échantillons de frites et de chips, les valeurs hédoniques des aliments déjà commercialisés et habituellement consommés par la population sont également notées : le riz, les chips et les frites de pomme de terre, les chips et les frites de patates douces afin d'estimer l'acceptabilité des Malgaches. Les données obtenues sont analysées en utilisant l'analyse de variance (ANOVA) avec le logiciel XLSTAT.

3. Résultats

3-1. Potentialités nutritionnelles des chips et frites d'ignames malgaches

Le **Tableau 1** résume les valeurs nutritionnelles obtenues pour chacune des espèces.

Tableau 1 : Composition nutritionnelle des frites d'ignames malgaches

Espèces	Humidité (%)	Teneur en protéines (%)	Teneur en cendres brutes (%)	Teneur en lipides (%)	Teneur en glucides (%)	Valeur énergétique (kcal)
<i>D. maciba</i>	14,92 ± 1,40	8,58 ± 0,01	2,26 ± 0,41	14,69 ± 1,89	62,07	398,20
<i>D. seriflora</i>	34,00 ± 1,41	3,04 ± 0,08	3,03 ± 0,55	15,40 ± 1,80	46,65	322,36
<i>D. alata</i>	12,25 ± 0,35	5,44 ± 0,24	3,56 ± 0,45	10,44 ± 1,10	70,23	385,18
<i>D. buckleyana</i>	39,25 ± 0,35	2,77 ± 0,56	2,34 ± 0,58	9,44 ± 1,12	47,63	277,06
<i>D. sambiranensis</i>	26,25 ± 0,35	6,05 ± 0,51	4,00 ± 0,60	13,33 ± 1,41	42,00	300,58
<i>D. pteropoda</i>	15,21 ± 0,29	5,77 ± 0,94	2,42 ± 0,27	10,49 ± 1,04	67,95	377,63
Minimum	12,25	2,77	2,26	9,44	42,00	277,06
Maximum	39,25	8,58	4,00	15,40	70,23	398,20
Moyenne	23,65	5,28	2,94	12,30	56,09	343,50

La teneur en eau des frites varie de 12,25 % pour *D. alata* à 39,25 % pour l'espèce *D. buckleyana*. Les frites d'ignames contiennent environ 5,28 % de protéines et 2,94 % de minéraux. L'espèce sauvage *D. buckleyana* a la plus faible teneur en matières grasses avec 9,44 %. *D. seriflora* est la plus riche en lipides, 15,40 %. L'énergie que peut apporter ces bâtonnets d'ignames frits est en moyenne égale à 343,50 kcal.

Tableau 2 : Composition nutritionnelle des chips d'ignames malgaches

Espèces	Humidité (%)	Teneur en protéines (%)	Teneur en cendres brutes (%)	Teneur en lipides (%)	Teneur en glucides (%)	Valeur énergétique (kcal)
<i>D. maciba</i>	4,49 ± 0,72	7,70 ± 0,01	3,18 ± 1,47	17,22 ± 1,12	70,21	448,06
<i>D. seriflora</i>	3,47 ± 0,15	3,57 ± 0,08	5,98 ± 0,40	26,67 ± 1,82	63,92	484,56
<i>D. alata</i>	1,47 ± 0,60	6,21 ± 0,07	3,54 ± 1,51	27,22 ± 1,53	65,25	512,86
<i>D. buckleyana</i>	5,48 ± 1,02	3,37 ± 0,07	4,65 ± 1,46	25,95 ± 0,90	63,76	477,62
<i>D. sambiranensis</i>	5,28 ± 0,11	6,63 ± 0,08	4,70 ± 1,27	18,88 ± 1,65	64,51	357,08
<i>D. pteropoda</i>	1,71 ± 0,84	7,14 ± 0,02	4,45 ± 0,42	26,67 ± 1,82	63,95	497,12
Minimum	1,47	3,37	3,18	17,22	63,76	357,08
Maximum	5,48	7,70	5,98	27,22	70,21	512,86
Moyenne	3,65	5,77	4,42	23,77	65,27	462,88

La composition des chips issus des six espèces d'ignames étudiées est présentée dans le **Tableau 2**. Les résultats montrent que l'humidité des chips ne dépasse pas les 5,48 %. La teneur en protéines est plus élevée pour *D. maciba* avec 7,70 %. Elle est la plus faible pour l'espèce *D. buckleyana*. Les chips sont riches en lipides, ils en contiennent en moyenne 23,77 % et apportent beaucoup d'énergie, environ 462,88 kcal pour 100 g du produit.

3-2. Appréciation des produits de fritures d'ignames malgaches

L'appréciation des aliments consommés habituellement par les Malgaches est rapportée dans le **Tableau 3**. Le riz, qui est la base de l'alimentation de la population, obtient une valeur hédonique de 6,47, signifiant agréable dans l'échelle à 9 points. Les produits de friture de pomme de terre ont une valeur hédonique supérieure à 7. Les produits issus des patates douces sont moins appréciés que ces derniers.

Tableau 3 : Acceptabilité des produits faisant partie du quotidien des Malgaches

Aliments	RIZ	POMME DE TERRE		PATATE DOUCE	
		Chips	Frites	Chips	Frites
Valeur hédonique	6,47	7,31	7,72	6,25	6,31

Les résultats de la valeur hédonique obtenue pour les frites d'ignames sont présentés dans le **Tableau 4**. En général, les frites d'ignames sont acceptées par les consommateurs avec une moyenne de 5,57. Les frites issues de *D. buckleyana* est significativement ($p\text{-value} < 0,05$) la plus appréciée par le panel de dégustateurs. Le goût et l'odeur de cette espèce sont considérés comme agréables. Pour celles issues de *D. seriflora*, elles ne sont jugées ni agréables ni désagréables lors de la dégustation, avec une texture ($V_h = 4,35$) et une apparence ($V_h = 4,57$) assez repoussantes.

Tableau 4 : Valeur hédonique des frites d'ignames

Espèces utilisées	Valeur hédonique (Vh)				
	Apparence	Goût	Texture	Odeur	Observation générale
<i>D. sambiranensis</i>	4,36	5,29	4,60	5,24	5,35 ^{bc}
<i>D. pteropoda</i>	5,31	5,53	5,06	5,62	5,72 ^{ab}
<i>D. buckleyana</i>	5,02	6,12	5,01	5,74	6,14 ^a
<i>D. maciba</i>	6,10	5,45	5,80	5,87	5,87 ^{ab}
<i>D. alata</i>	5,95	5,00	5,35	5,97	5,35 ^{bc}
<i>D. seriflora</i>	4,35	5,25	4,57	4,92	4,99 ^c
Moyenne	5,18	5,44	5,07	5,56	5,57
Ecart-type	0,75	0,38	0,47	0,40	0,42

Vh supérieure à 5 indique une appréciation par les consommateurs

Les chips d'ignames sont également appréciées avec une moyenne de l'appréciation générale égale à 5,33 (**Tableau 5**), dont la valeur maximale est de 6,12 pour *D. sambiranensis*. Cette espèce est prisée pour son goût, sa texture et son odeur, malgré une apparence rejetée. Il existe une variation considérable entre les différentes espèces sur les appréciations du goût : cette appréciation varie de 3,30 pour *D. pteropoda* à 5,76 pour *D. sambiranensis*. Tandis que pour les espèces *D. pteropoda* et *D. buckleyana*, l'appréciation diminue respectivement à 4,00 et 4,47, expliquant le goût désagréable perçu par les consommateurs.

Tableau 5 : Valeur hédonique des chips d'ignames

Espèces	Valeur hédonique (Vh)				
	Apparence	Odeur	Texture	Goût	Observation générale
<i>D. maciba</i>	5,47	5,50	4,92	5,39	5,67 ^a
<i>D. pteropoda</i>	5,82	5,32	5,37	3,30	4,00 ^b
<i>D. seriflora</i>	4,97	6,25	5,47	5,58	5,87 ^a
<i>D. sambiranensis</i>	4,75	5,72	5,67	5,76	6,12 ^a
<i>D. buckleyana</i>	4,77	5,10	5,27	3,89	4,47 ^b
<i>D. alata</i>	5,20	4,57	5,22	5,60	5,87 ^a
Moyenne	5,16	5,41	5,32	4,92	5,33
Ecart-type	0,42	0,57	0,25	1,05	0,88

Vh supérieure à 5 indique une appréciation par les consommateurs

La **Figure 1** met en évidence la corrélation entre le goût et l'appréciation générale, avec un taux de significativité à 5 % ($p\text{-value} < 0,05$) : plus le goût est apprécié, plus le produit est aimé. Pour notre panel de jury, le goût est jugé primordial pour l'acceptabilité du produit.

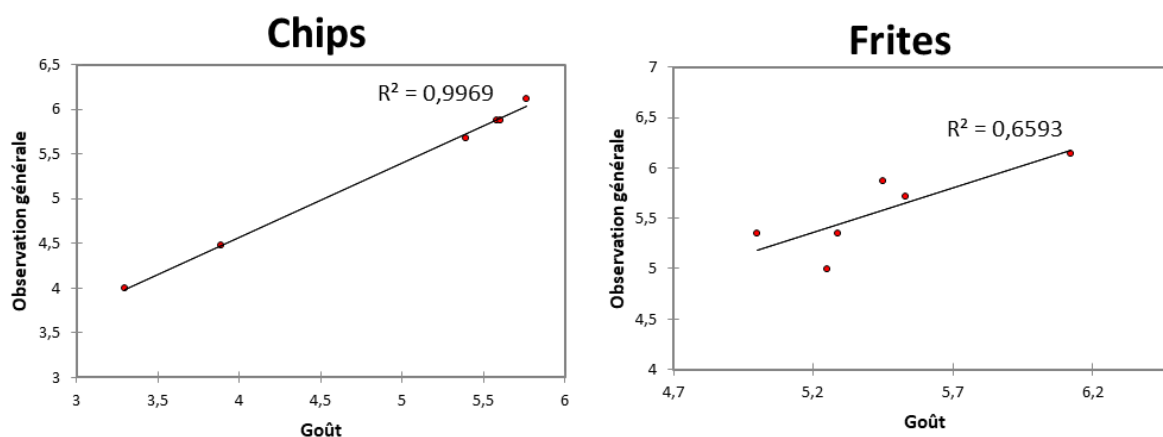


Figure 1 : Corrélation entre le goût et l'appréciation générale

4. Discussion

4-1. Qualité nutritionnelle des frites et des chips d'ignames malgaches

La composition des produits de fritures à base de tubercules d'igname varie en fonction de l'espèce : les espèces *D. alata* et *D. pteropoda* contiennent moins d'eau que les autres espèces étudiées. Les deux espèces *D. seriflora* et *D. buckleyana* sont moins riches en protéines. Comparée aux frites de pomme de terre, les frites d'igname contiennent moins de matières grasses, avec un pourcentage égal à 15,40 % contre 20 à 31 % pour les *Solanum tuberosum*. De plus, les ignames apportent plus de minéraux, allant jusqu'à 4 %, tandis que les pommes de terre n'en contiennent que 2 % environ [14]. Les pourcentages en eau et en lipides des chips des six espèces de *Dioscorea* étudiées sont semblables aux résultats obtenus pour les chips de pommes de terre et des patates douces, dont la teneur en eau peut varier de 3 à 8 % et celle des lipides, de 17 à 30 % [15, 16]. La comparaison entre les deux produits de friture permet de mettre en évidence le fort pourcentage en humidité des frites et la teneur en matières grasses élevée des chips. Plusieurs études ont démontré l'influence de l'épaisseur des morceaux sur la teneur en eau et le pourcentage en lipides des produits de friture : plus le produit est épais, plus il contient de l'eau puisque la perte en eau est moindre. Le contraire est observé pour les lipides [17, 18]. La relation entre l'absorption d'huile et la perte en eau provient du transfert de matières lors de la friture. En effet, la friture est un processus de cuisson accompagnée de déshydratation [19]. La température élevée de l'huile dans laquelle baigne les produits provoque la gélatinisation de l'amidon et une évaporation de l'eau contenue dans l'aliment. Les bulles de vapeur d'eau sortent par des pores, qui laissent pénétrer par la suite l'huile chaude qui a adhéré à la surface du produit. Cet échange aboutit à une déshydratation de la surface et permet la formation d'une croûte croustillante [20, 21]. Des études ont présenté l'influence de la forme et de la taille du produit sur la pénétration de l'huile : plus le ratio surface/volume est important, plus le produit absorbe l'huile. Les chips peuvent avoir jusqu'à 15 fois plus de surface que les bâtonnets de frites pour un même volume [22]. En général, les tubercules d'ignames frais contiennent 58 à 80 % d'eau et une très faible teneur en lipides [2]. La friture produit donc une perte d'eau considérable et une absorption en lipides, ce qui augmente leur valeur énergétique. Le même constat est observé lors de la friture des pommes de terre, pendant laquelle la perte d'eau et l'absorption d'huile varient respectivement de 24,16 à 49,94 % et 20,17 à 31,01 % [14].

4-2. Qualité organoleptique des produits de friture d'igname

Concernant l'évaluation organoleptique lors de la dégustation, les résultats ont montré que le goût des ignames est apprécié par les consommateurs Malgaches, malgré le fait que ce tubercule ne figure pas dans l'habitude alimentaire de la population. Le goût varie selon l'espèce utilisée lors de la transformation et il définit l'appréciation générale du produit. Nos résultats (Vh moyenne égale à 5,57) rejoignent une étude effectuée au Nigéria sur les frites de *D. alata*, ayant obtenu des valeurs hédoniques variant de 5,29 à 6,39 [23]. Cette constatation pourrait indiquer l'appréciation des Malgaches pour ces produits. En revanche, par rapport à des analyses portant sur les chips de patates douces, ayant obtenu une valeur hédonique égale à 7 [16], nos chips d'ignames n'ont pas suscité beaucoup d'envie aux consommateurs. Les valeurs hédoniques obtenues pour les aliments souvent consommés par les Malgaches, à savoir le riz, les pommes de terre et les patates douces, permettent de faire une comparaison avec nos échantillons. Les produits de transformation des six espèces d'ignames étudiées ne sont pas encore aussi acceptés. Toutefois, ils ne sont pas totalement rejetés : la plupart des produits étudiés ont obtenu une valeur hédonique supérieure à 5. En outre, les frites de *D. buckleyana* et les chips de *D. sambiranensis* ont été considérées comme assez agréables durant la dégustation (Vh légèrement supérieure à 6). Cette observation pourrait servir dans la valorisation des ignames à Madagascar. La transformation de ces deux espèces pourrait augmenter l'appréciation des ignames par la population. L'odorat joue un rôle important lorsqu'on consomme un aliment. L'odeur des ignames frites est appréciée lors de la dégustation. Cependant, d'autres paramètres sont à considérer dans l'étude de la qualité des produits de friture : la couleur dorée et la texture, qui doit être croustillante en bouche pour la chips, et pour la frite, il faut qu'il y ait une croûte croustillante et un centre fondant. La quantité d'huile absorbée lors de la cuisson est aussi un paramètre important pour les produits de friture [22, 23]. La couleur est le premier critère qui conditionne l'acceptation de l'échantillon avant la prise alimentaire.

La dorure des produits de friture est le résultat de la réaction dite de Maillard par laquelle les sucres réagissent avec les acides aminés sous l'effet de la chaleur [23]. Toutefois, les produits de transformation d'igname peuvent avoir une couleur plus sombre : des molécules brunes sont produites par des réactions enzymatiques, catalysées par la polyphénoloxydase et la peroxydase [24]. Ce brunissement, le plus souvent indésirable, peut être réduit par l'application des processus comme le blanchiment, permettant ainsi d'uniformiser la couleur des produits. L'influence de ce processus a été démontrée de façon significative sur les patates douces [25]. Concernant la texture, elle se développe en deux étapes durant la friture : la première permet de cuire le centre du produit par une gélatinisation de l'amidon. Cette étape est suivie par la formation d'une croûte plus ou moins dure et croustillante après six minutes [26]. La texture des chips est légèrement plus appréciée que celle des frites en général, sauf pour l'espèce *D. maciba* qui donne une meilleure texture en frites (Vh = 5,8). L'effet du blanchiment appliqué aux chips avant la friture explique probablement cette observation. Ce processus permet de précuire l'amidon en la gélatinisant et ainsi réduire la durée de friture. L'effet de la durée et la température de friture influe sur la qualité des produits frits. Une durée moins longue permet de réduire la dureté de la croûte mais aussi de maintenir la blancheur du produit [27]. En effet, les résultats sur les pommes de terre ont montré que le blanchiment améliore la texture, la sucrosité et la crouillance des chips, tout en diminuant leur acidité et leur amertume [28]. L'épreuve hédonique a permis de mettre en évidence les variations en fonction des variétés. Les espèces *D. buckleyana*, *D. pteropoda* et *D. maciba* sont plus appréciées sous la forme de frite. Les trois autres espèces *D. sambiranensis*, *D. seriflora* et *D. alata* donnent de meilleures chips. Cette étude montre la valeur des ignames sauvages et endémiques par rapport aux espèces introduites et ayant déjà son importance à travers le monde.

5. Conclusion

L'igname est une des ressources pouvant permettre de lutter contre les problèmes liés à la sécurité alimentaire. La transformation par la friture est une des méthodes appliquées pour obtenir des produits ayant une texture, une apparence et des saveurs appréciées par les consommateurs. Les résultats de cette étude démontrent les fortes capacités énergétiques des frites et des chips d'ignames malgaches et révèlent l'appréciation de leur transformation. De plus, ces produits ont des teneurs intéressantes en protéines et en minéraux. Cette mise en évidence de leur appréciation pourrait aider à l'introduction de ce tubercule, encore faiblement considéré, dans l'alimentation malgache. L'introduction d'un nouvel aliment dans l'alimentation malgache permettrait une diversification alimentaire qui pourrait corriger l'habitude de la population de la Grande Ile. Toutefois, des perspectives sur la qualité microbiologique et la teneur en acrylamide sont envisagées.

Références

- [1] - R. AKINOSO and O. A. ABIODUN, Yam : Technological interventions. In « Tropical Roots and Tubers », Eds H. K. Sharma, N. Y. Njintang, R. S. Singhal and P. Kaushal, (2016) 558 - 590
- [2] - H. ATTAIE, N. ZAKHIA and N. BRICAS, Etat des connaissances et de la recherche sur la transformation et les utilisations alimentaires de l'igname. in « L'igname, plante séculaire et culture d'avenir : actes du séminaire international », Cirad, Inra, Orstom, Coraf, Coll Colloques, (1998) 275 - 284
- [3] - B. RANAIVOSOA, D. VALENTIN, V. H. JEANNODA and J. L. RAZANAMPARANY, Analyse des propriétés sensorielles des ignames cultivées à Madagascar, *Cahiers Agricultures*, 19 (6) (2010) 411
- [4] - V. H. JEANNODA, J. L. RAZANAMPARANY, M. T. RAJAONAH, M-O. MONNEUSE, A. HLADIK and C. M. HLADIK, Les ignames (*Dioscorea* spp.) de Madagascar : espèces endémiques et formes introduites ; diversité, perception, valeur nutritionnelle et système de gestion durable, *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, Société nationale de protection de la nature, 62 (2007) 191 - 207
- [5] - V. FERRARO, C. PICCIRILLO, K. TOMLINES and M. E. PINTADO, Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and yam (*Dioscorea* spp.) crops and their derived foodstuffs : Safety, security and nutritional value, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56 (16) (2016) 2714 - 2727
- [6] - A. MAGBALOT-FERNANDEZ and M. UMAR, A review on root crops processing for food security and health, *Journal of South Pacific Agriculture*, 21 (2018) 26 - 33
- [7] - M. T. RAJAONAH, Ethnobotanique, caractérisation de la diversité génétique et diagnostic viral des ignames cultivées de Madagascar, Doctorat - Université d'Antananarivo, (2015)
- [8] - V. H. JEANNODA, V. JEANNODA, A. HLADIK, C. M. HLADIK, Les ignames de Madagascar. Diversité, utilisations et perceptions, *Hommes et Plantes*, 47 (2003) 10 - 23
- [9] - FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). FAOSTAT Database. <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC> (2017) 31/03/2019
- [10] - P. HAMON, R. DUMONT, J. ZOUNDJIHEKPON, N. AHOUSSOU and B. TIO TOURE, Yam, In : Tropical Plant Breeding, Eds. A. Charrier, M. Jacquot, S. Hamon and D. Nicolas, CIRAD, (2001) 538 - 551
- [11] - La filière riz à Madagascar face à la fortification, Rapport du Bureau pays du Programme Alimentaire Mondial (PAM), Madagascar, (2019)
- [12] - AOAC, Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 13th edition. Washington, DC, Association of Official Analytical Chemists, (1980)
- [13] - J. FOLCH, M. LEES and G. H. SLOANE STANLEY, A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues, *J. Biol Chem.*, 226 (1957) 497 - 509

- [14] - M. JAGGAN, T. MU and H. SUN, The effect of potato (*Solanum tuberosum*) cultivar on the sensory, nutritional, functional and safety properties of French fries, *Food Processing and Preservation*, 44 (12) (2020) 1 - 13
- [15] - A. KAUR, N. SINGH and R. EZEKIEL, Quality parameters of Potato chips from different potato cultivar : effect of prior storage and frying temperatures, *International Journal of Food Properties*, 11 (4) (2008) 791 - 803
- [16] - P. K. CAETANO, F. A. C. MARIANO-NASSER, V. Z. MENDOÇA, K. A. FURLANETO, E. R. DAIUTO and R. L. VIEITES, Physicochemical and sensory characteristics of sweet potato chips undergoing different cooking methods, *Food Science and Technology*, 38 (3) (2018) 434 - 440
- [17] - M. K. KROKIDA, V. OREOPOULOU, Z. B. MAROULIS and D. MARINOS-KOURIS, Deep fat frying of potato strips - quality issues, *Drying Technology*, 19 (5) (2001) 879 - 935
- [18] - O. P. SOBUKOLA, S. O. AWONORIN, L. O. SANNI and F. O. BAMIRO, Deep-fat frying of yam slices : optimization of processing condition using response surface methodology, *Journal of Food Processing and Preservation*, 32 (2008) 343 - 360
- [19] - J. GARAYO and R. MOREIRA, Vacuum frying of potato chips. *Journal of Food Engineering*, 55 (2002) 181 - 191
- [20] - Z. XU, S. Y. LEONG, M. FARID, P. SILCOCK, P. BREMER and I. OEY, Understanding the frying process of plant-based foods pretreated with pulsed electric field using frying models, *Foods*, 9 (7) (2020) 1 - 23
- [21] - S. PAUL, G. S. MITTAL and M. S. CHINNAN, Regulating the use of degraded oil/fat indeep-fat/oil food frying, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 37 (7) (1997) 635 - 662
- [22] - O. OLUWOLE, G. ALAGBE, O. ALAGBE, O. IBIDAPO, D. IBEKWE and S. OWOLABI, A comparative quality evaluation of white yam (*Dioscorea rotundata*) and water yam (*Dioscorea alata*) chips as African fries, *Advanced in Nutrition and Food Science*, 2 (1) (2017) 1 - 5
- [23] - B. KIRMACI, R. K. SINGH and R. L. SHEWFELT, Consumer acceptability and quality evaluation of potato strips baked in a radiant wall oven, *International Journal of Food Properties*, 18 (8) (2015) 1829 - 1836
- [24] - N. AKISSOE, J. HOUNHOUIGAN, C. MESTRES and M. NAGO, How blanching and drying affect the colour and functional characteristics of yam (*Dioscorea cayenensis-rotundata*) flour, *Food Chemistry*, 82 (2003) 257 - 264
- [25] - T. DAMTO and G. CHALA, Effect of blanching and frying time on the sensory quality of fried sweet potato chips, *Food and Nutrition Science - An international Journal*, 3 (2019) 1 - 17
- [26] - F. PEDRESCHI, J. AGUILERA and L. PYLE, Textural characterization and kinetics of potato strips during frying, *Journal of Food Science*, 66 (2001) 314 - 318
- [27] - S. GRAHAM-ACQUAAH, G. S. AYERNOR, B. BEDIAKO-AMOA, F. S. SAALIA, E. O. AFOAKWA and L. ABBEY, Effect of blanching and frying on textural profile and appearance of yam (*Dioscorea rotundata*) french fries, *Journal of Food Processing and Preservation*, 39 (2015) 19 - 29
- [28] - F. ELFNEST, T. TEKALIGN and W. SOLOMON, Processing quality of improved potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars as influenced by growing environment and blanching, *African Journal of Food Science*, 5 (6) (2011) 324 - 332