

GENERALITES SUR LA PATATE DOUCE

I.1. Eléments de botanique

La patate douce de son nom scientifique *Ipomoea batatas* appartient à l'embranchement des Angiospermes , classe des Dicotylédones , niveau d'évolution gamopétales superovariés ; super ordre des Tubi Flores ; Ordre des Lamiales ; famille des Convolvulacées ; super famille des convolvuleae ; genre : Ipomea ; espèce : batatas.

C'est une plante vivace (annuelle en culture), herbacée et rampante ,à feuilles alternes entière (deltoïdes , hastée , coriformes) ou plus ou moins profondément lobées, à fleurs violettes ou blanches ; à fruits capsulés contenant 1 à 4 graines.

Les racines partent des nœuds de la bouture. On compte sur chaque nœud 2 à 4 grandes racines de 50 à 60 cm de longueur (dont 1 ou 2 se transforme en tubercules) et une dizaine de racines de petites tailles atteignant 20 à 30cm de long.

Les tubercules se forment sur les racines à l'endroit ou, après s'être dirigées horizontalement, elles s'incurvent vers le bas. Les tubercules de patate sont donc des portions renflées de racines. Elles sont en nombre variable selon les variétés. Ils sont de forme globulaire ou allongée. Ils pèsent de quelques dizaines de grammes à 3 et même 5 Kg. Leur épiderme est de couleur très variable (blanc, rose, rouge, etc....). Leur chair est soit blanche, soit jaune suivant les variétés.



Figure 1 : Tubercules de Patate douce

1.2. Ecologie

La patate douce est une plante particulièrement adaptée aux climats tropicaux et c'est dans les régions chaudes et humides qu'elle donne de meilleurs rendements. Néanmoins les variétés diffèrent considérablement entre elles de par leurs adaptations aux conditions climatiques existant dans les différentes zones de production. La plus importante adaptation de la patate douce, acquise sous l'influence de l'homme ; est celle qui lui permet de s'intégrer dans les systèmes de culture dont la diversité n'est que suggérée par les variations de l'environnement. C'est une plante relativement facile à cultiver ; qui sous les tropiques ne montre pas un caractère saisonnier strict, si bien qu'elle peut être associée, dans des champs mixtes, à d'autres tubercules ou racines, d'autres espèces légumières. La température nocturne doit être aussi importante que celle du jour. Un bon développement des plantes exige une température moyenne supérieure à 22°C, un ensoleillement abondant et un minimum de 25 mm (ou irrigation) par semaine pour que la photosynthèse se fasse dans de meilleures conditions.

La patate douce peut se cultiver dans une large gamme de sol à condition qu'il soit moyennement profond, meuble et grumeleux. C'est dans les limons que le rendement ; la qualité, la forme et la grosseur des tubercules sont les meilleurs. Les sols à textures fines sont peu aptes à la culture.

Il a été observé que la teneur en éléments nutritifs de même que la quantité totale d'amidon et d'hydrates de carbone est plus faible et la teneur en eau plus élevée dans les racines de même variété produites en année sèche (sans irrigation) que les racines produites dans une année à pluviométrie abondante (**Momento, 1991**).

1.3. Valeur nutritionnelle

La patate douce est surtout cultivée pour l'alimentation humaine mais elle peut également trouver un usage en nutrition animale ; ainsi que dans le domaine industrielle (production d'amidon, d'alcool, de sirop). D'après **Huang P.C.(1982)** la patate douce contient approximativement 20% d'amidon et 5% de sucres simples et elle est considérée comme un

aliment hautement énergétique. Elle contient aussi des quantités considérables de vitamines C(20-30mg/100g) et les variétés de chair jaune foncée peuvent fournir suffisamment de caroténoïdes précurseur de la vitamine A pour assurer une bonne santé, à condition d'être consommé en quantités adéquates. Cependant d'une façon générale la variation du contenu

en carotènes est considérable (0-800UI/100g). Le potassium (200-300mg /100g) est reconnu pour être le principal minéral présent et le taux de fer (0,8mg/100g) est suffisant pour les amateurs de patate douce qui en consomment 2Kg ou plus par jour. Toutefois la patate douce est une plante amylicée qui contient très peu de lipides (0,1-0,2%). Le contenu en protéines (principalement sous forme d'une sorte de globuline) est généralement bas fournissant environ 4-6% du total des calories (1-2% du poids sec), bien que la composition de la patate douce en acides aminés soit raisonnable (note chimique : 80) et que l'acide aminé limitant soit la Leucine.

D'après certaines tables d'analyse des aliments ; la patate douce obtient la note chimique 65, les acides aminés contenant du soufre étant mentionnés comme limitants (table de référence de la FAO/OMS., 1973).

1.4.Composition chimique du tubercule de Patate douce :

Les principales substances chimiques auxquelles les racines tubéreuses de la patate douce doivent leur valeur alimentaire et fourragères sont la féculé, les sucres, la cellulose, les composés azotés les lipides, les éléments minéraux. Le taux des substances entrant dans la composition des tubercules radicaux de la patate douce peut fortement varier selon les variétés, les conditions de culture, les facteurs climatiques, etc. (**Rakipov R.1987**)

L'analyse bromatologique de diverses variétés de patate douce permet de retenir la composition suivante du tubercule pour 100g.

Tableau 1 : Composition chimique des tubercules de patate douce d'après Rakipov N. (1987)

Paramètres	Teneur en substances chimiques (%)		
	Minimale	Maximale	Moyenne
Eau	50	84	70
Matières sèches	18	40	30
Fécules	8	30	20
Protéines	0,9	2,7	1,5
Extrait en éther	1,9	6,8	4,5
Sucres réducteurs	0,5	3,5	1,5
Saccharose	0,3	2,5	2,0

Autres glucides	0,5	8,0	6,0
Eléments minéraux	0,9	1,4	1,2
Vitamines (mg/100g)			
- carotènes	1,0	12	
- thiamine	0,05	0,2	0,1
- riboflavine	0,03	0,08	0,6
- acide nicotinique	0,45	1,25	0,95
- acide ascorbique	29	42	25

Composition chimique moyenne des tubercules radicaux frais de patate douce (D'après Huang P.C., 1982):

Calorie : 110Kcal

Mg : 1mg

Protides : 1,8g

Potassium : 380mg

Lipides : 0,2g

Ca : 38mg ; glucides : 25g ; Fe : 0,9g ; eau : 70,8mg

Vitamine C : 22mg ; Fibres : 1g ; acide oxalique : 56mg

II. GENERALITES SUR LA FRITURE

II.1. Procédé de friture

La friture est un procédé de séchage et de cuisson très répandu à toutes les échelles de mise en œuvre (friture domestique, artisanale ou industrielle) pour l'élaboration de produits de type beignets ; chips ou frits. Elle peut être utilisée seule ou combinée avec d'autres traitements pour sécher et transformer des produits alimentaires ou non pour lesquels le séchage convectif est difficile du fait de leur composition physique ; chimique et de leur structure. C'est une pratique qui existe depuis très longtemps sur laquelle les chercheurs n'ont porté attention que depuis quelques dizaines d'années avec l'avènement des restaurants type « fast food ». Cependant les chercheurs se sont beaucoup penchés sur la maîtrise du procédé et non sur les principales réactions chimiques engendrées par la friture.

Le procédé de friture peut être utilisé dans les procédés d'extraction d'huile par voie sèche des produits périssables, car riches en eau, et difficiles à sécher par air à cause de leur teneur en matières grasses élevée. La friture permet d'abaisser très rapidement (quelques minutes de traitement) l'humidité des produits jusqu'à une teneur en eau résiduelle de l'ordre de 5% en base humide (notée 5% b.h), teneur qui permet le pressage du produit sec en vue de l'extraction

de ses matières grasses propres dans un bain de friture de même nature que celles que l'on cherche à extraire (**Vitrac O., Lisse I., 1997**).

Cette utilisation du procédé de friture est peu connue et se limite à l'heure actuelle à deux applications (**A.L. Raoult-wack, 1997**) :

- le séchage de l'amande de coco, par friture dans l'huile de coco ;
- le séchage de déchets d'équarrissage (aussi appelés OVD, Os Viande Déchets) par friture dans les graisses animales.

Enfin le procédé de friture peut être utilisé seul ou en combinaison avec d'autres procédés de séchage comme la torréfaction du café par friture. D'autres applications de la friture en tant que alternative au séchage par air sont à l'étude au CIRAD (en particulier la friture de bois pour des applications spécifiques) et donnent des résultats prometteurs.

II.2. Principe du procédé de friture

La friture est un procédé de cuisson et de séchage par ébullition qui se fait de deux façons suivant la quantité de l'huile utilisée. Ainsi on distingue la friture plate et la friture profonde.

II.2.1. La friture plate

On l'appelle encore friture en couche mince d'huile. Elle consiste en la préparation de certains aliments par cuisson à la poêle ou dans un plat avec une quantité faible d'huile. Ce type de cuisson se caractérise par le fait que l'huile est utilisée une seule fois et par la valeur très élevée du rapport entre la surface offerte à l'huile et le poids de l'huile. Ce rapport est souvent compris entre 70 -200 selon l'aliment considéré. Cette méthode s'applique principalement sur les produits qualifiés de non gras c'est à dire les produits ayant une très faible teneur en eau.

II.2.2. La friture profonde

Elle consiste à l'imprégnation des aliments dans un volume important d'huile portée à une température généralement comprise entre 140°C et 180°C à la pression atmosphérique ou à la température de 30°C à 70°C sous vide partiel. Dans ce cas l'huile est utilisée plusieurs fois par opposition à la friture plate. Cette méthode est la plus utilisée lorsque la quantité qu'on veut frire est importante (application domestique et industrielle).

Ce procédé engendre un certain nombre de phénomènes qui se produisent entre le produit et le bain d'huile d'une part et à l'intérieur du produit d'autre part : Ce sont les transferts de matières (eau et huile) et les transferts de chaleur. La friture est pourtant le siège de réactions croisées protéine/lipides, sucres/lipides et sucres, lipides, protéines (**Graille J., 1997**).

II.3. Mécanisme des transferts pendant la friture

Au cours de la friture on distingue d'une part les transferts de matières (eau et huile) et le transfert de chaleur d'autre part. Ces processus de transfert sont parfois très complexes et difficiles à étudier dans la mesure où chacun de ces phénomènes peut être régi par plusieurs facteurs ou paramètres du processus même de friture. Parmi ces facteurs on a essentiellement la température du bain d'huile et le temps de friture.

II.3.1. Transfert de chaleur

Les transferts de chaleur s'effectuent durant la friture de deux manières différentes selon le milieu considéré :

- ils sont convectifs dans le bain d'huile et assure le transfert de la chaleur vers le produit. Le siège de ces transferts est l'interface produit/huile. Les interactions qui se produisent à ce niveau sont très complexes du fait de la turbulence créée par le flux continu de vapeur d'eau qui s'échappe du produit. Ceci rend généralement difficile la mesure des coefficients de transferts convectifs à l'aide de thermocouples

- à l'intérieur du produit le transfert de chaleur se fait par diffusion et s'effectue de la surface vers le cœur du produit. Ce transfert est à l'origine du changement d'état de l'eau libre du produit qui est expulsée vers l'atmosphère sous forme de vapeurs (bulles). La vitesse de pénétration de la chaleur est fonction de la diffusivité thermique, de la conductivité thermique, de la capacité calorifique et de la densité qui varient au cours de la friture du fait de la transformation physique et chimique du produit (**Buhri et Singh, 1994**).

Les transferts de chaleur sont fortement influencés par la température du bain dont l'augmentation accélère la vitesse de pénétration et de la transmission de la chaleur dans le produit, la nature du produit et de l'huile ainsi que la teneur initiale du produit.

II.3.2. Transfert de d'eau

Il correspond à une déshydratation de la matière ; première phase de transfert et est étroitement lié à la teneur initiale en eau et de la température du bain d'huile.

C'est le phénomène directement observable au cours de la friture et qui est facilement quantifiable. Il se manifeste par la turbulence engendrée par le flux de vapeurs d'eau qui s'échappe du produit. En effet lors du transfert de chaleur vers le cœur du produit l'eau libre située dans les pores subit un changement d'état (de l'état liquide à l'état gazeux). Ceci augmente par conséquent la pression interne du produit. Ainsi du fait de l'existence de porosité très importante dans le produit ; les vapeurs d'eau sortent du produit. Ces transferts sont généralement représentés à l'aide de modèles diffusionnels (quoique l'écoulement de la vapeur ne soit pas diffusionnel) établis en supposant que les transferts d'eau et d'huile sont indépendants(Farka et al .,1994 ;Singh,1995; Balasubramaniam et al.,1995 ; Moreira et Palan,1995 ;Rice et Gamble,1989 ;Hital et Acéba,1994).

Ce transfert d'eau est fortement influencé par la température du bain d'huile qui favorise la déshydratation du produit .Toutes les études antérieures portant sur les produits tropicaux (manioc ,banane plantain etc) pour la production de chips ou de frits ;montrent que les transferts s'effectuent en grande partie durant les premières minutes de la friture. La température du bain et la vitesse de circulation de l'huile par rapport au produit sont des facteurs déterminants. Leur augmentation accélère la déshydratation du produit (l'influence de la température est plus importante) (Lair S., 1996).

II.3.3. Transfert d'huile

Les points de vue sont variés sur le mécanisme des transferts d'huile. Pour certains auteurs ce transfert s'opère pendant la friture car la matière grasse joue le rôle de caloporteur en permettant le transfert de chaleur de la surface vers le cœur du produit. Pour ces auteurs l'huile remplace la vapeur d'eau qui s'échappe des pores du produit. Pour d'autres auteurs le transfert ne s'effectue qu'après la friture au moment du refroidissement du produit.

Dans tous les cas la limitation du gain en huile est une nécessité pour la santé humaine notamment pour les populations qui consomment des quantités très importantes d'aliments frits tels que les américains qui en consomment 30% (Saguy et Pinthus, 1995).

Ce transfert peut être réduit par un contrôle adéquat des variables du procédé, ou par l'utilisation d'un emballage perméable à l'eau et imperméable à l'huile (**Balasubramaniam et al., 1995 ; Makinson et al., 1987**).

Selon **Sagus et Pinthus** (1995), l'huile remplace la vapeur qui s'échappe des pores de la croûte formée par cuisson du produit (**Rice et Gamble, 1989**). **Mittal et Ateba** (1994) ainsi que **Balasubramaniam et al.**(1995) distinguent les transferts de matières grasses dues à la migration de l'huile dans le produit par diffusion (2ème loi de Fick) d'une part et ceux dus à la migration de matières grasses du produit vers l'huile du fait de l'existence de forces de capillarité d'autre part. Au cours de la friture, ce transfert d'huile serait favorisé par l'affaiblissement du gradient adverse de pression qui s'oppose au mouvement de l'huile par la porosité, et l'abaissement de la tension superficielle liée au déplacement du front de mouillage de l'huile dans le produit. L'élimination de l'eau permet en outre à l'huile de mouiller la paroi des pores et donc de faciliter sa pénétration par aspérité ou par succion (**Lair S., 1996**).

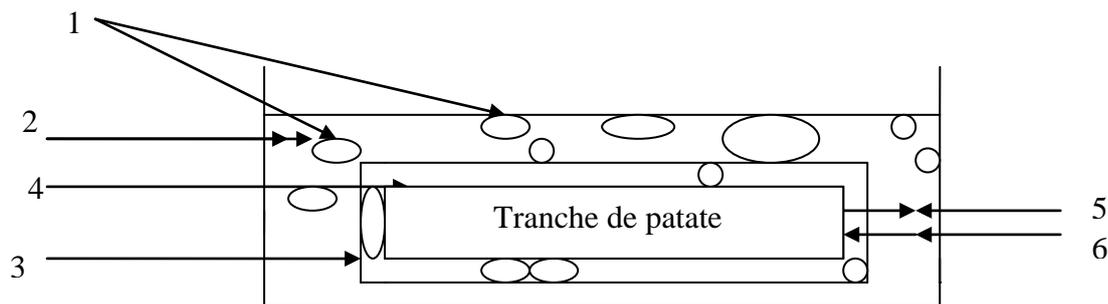


Figure 2 : Représentation schématique des transferts de matières au cours de la friture

- 1 : Bulles de vapeur
- 2 : bain d'huile
- 3 : Croûte
- 4 : Pores
- 5 : Sens des transferts d'eau
- 6 : Sens des transferts d'huile

II.4. Les transformations physiques et biochimiques

Les tubercules ne sont pas faciles à digérer à l'état cru et il est préférable de les faire cuire avant de les consommer. La cuisson améliore leur digestibilité, rend leur goût plus agréable, prolonge leur durée de conservation et réduit leur toxicité. La chaleur générée par la friture sert à stériliser les tubercules en tuant les bactéries et microorganismes nuisibles, et accroît l'assimilabilité des éléments nutritifs. Les protéines sont dénaturées par la chaleur. Sous cette forme, elles sont plus faciles à digérées par les enzymes protéolytiques ; les parois celluloses des cellules qui ne peuvent être dégradées sont décomposées, et certains facteurs antinutritifs tels les inhibiteurs d'enzymes sont rendus inactifs. Ainsi la transformation peut réduire la valeur nutritive des tubercules de patate douce à cause des pertes et des modifications dans les éléments nutritifs importants, dont les glucides, les protéines, les sels minéraux et les vitamines (**Purcell et Walter. 1982**).

Dans tous les cas, les transferts couplés de chaleur et de matières (eau, matières grasses, solutés) intervenant en cours de friture s'accompagnent de transformations physiques, physico-chimiques et biochimiques (**Blumenthal, 1991**). Il y a apparition d'une croûte et le développement d'une porosité suite à la déshydratation très poussée du produit (**Pinthus, Weinberg et Saguy, 1995**). L'épaisseur dépend de sa conductivité thermique, de la teneur en eau et de la conductivité thermique du cœur, et de la température de l'huile. Plus la température est élevée, plus la croûte sera épaisse (**Singh, 1995**). C'est dans la croûte que l'on observe un gain plus important en huile. Keller et *al.* constatent que dans le cas de la pomme de terre, l'huile ne pénètre que dans la croûte ; ces observations sont confirmées par **Farkas et al. (1992)** qui notent la distinction entre une croûte riche en huile et le cœur du produit riche en eau, à la suite d'observations par IRM (Imagerie par Résonance Magnétique). Ces caractéristiques sont déterminantes pour la qualité du produit final : imprégnation en huile après friture, texture craquante ou croustillante. Cependant certains matériaux soumis à la friture ne présente aucune modification de ce type, pour des échelles d'observation équivalentes. Tel est le cas de la pulpe de coco, dont la structure reste apparemment similaire entre le niveau initial de teneur en eau (56% b.h) et le niveau final en eau (5% b.h), après friture de 130°C et 150°C (**Raoult-Wack A.L., 1997**). Par ailleurs l'eau apportée par l'aliment peut provoquer une hydrolyse de la matière grasse avec libéralisation d'acides gras, apparition