

## Etude de l'influence des paramètres de la déshydratation osmotique sur la perte en eau des fruits tropicaux: essais avec la papaye (*Carica papaya*) et la mangue (*Mangifera indica*).

Zita Essan Bla N'GORAN<sup>1\*</sup>, Sadat AW<sup>1</sup>, Emmanuel Nogbou ASSIDJO<sup>1</sup>, Patrice KOUAME<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Département de Formation et de Recherche Génie Chimique et Agroalimentaire (DFR-GCAA), Laboratoire des Procédés de Synthèse et de l'Environnement (LAPISEN), Institut National Polytechnique Houphouët-Boigny (INPHB), BP 1313 Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).

<sup>2</sup> Département de Formation de Recherche Sciences et Technologie des Aliments (DFR-STA), Université Nangui Abrogoua (UNA), 02 BP 801 Abidjan (Côte d'Ivoire).

\*Auteur pour correspondance, Email: [nassatiz@yahoo.fr](mailto:nassatiz@yahoo.fr)

Original submitted in on 6<sup>th</sup> August 2012. Published online at [www.m.elewa.org](http://www.m.elewa.org) on 30<sup>th</sup> November 2012.

---

### RESUME

**Objectif:** Le présent travail concerne l'évaluation de l'impact des paramètres de la déshydratation osmotique par un plan d'expériences sur la perte en eau de deux fruits tropicaux.

**Méthode et résultats:** L'étude a été conduite avec la papaye et la mangue dans des solutions de type binaire composées de saccharose ou de glucose. Les paramètres étudiés, en plus du type de soluté, ont été la température (30 à 60°C) et la concentration du soluté (50 à 70°Brix). Les expériences ont été organisées à l'aide d'un plan factoriel à niveaux mixtes qui a conduit à l'élaboration des 18 essais différents pour chaque fruit. Ces essais ont fourni des variations de la perte en eau, indiquant ainsi une influence positive des paramètres étudiés. Toutefois, les paramètres statistiquement significatifs ont été dans le cas de la papaye, la concentration (0, 1%) du soluté et la température (6%). Pour la mangue, seule la concentration en soluté (0, 7%) s'est avérée significative sur la perte en eau.

**Conclusion et application:** Des trois paramètres étudiés, seule la concentration a eu un effet avéré sur la perte en eau des deux fruits. En effet, cette étude montre que différence de concentration entre la solution et le matériau à traiter est le moteur de la perte en eau indépendamment du fruit traité.

**Mots clés:** Déshydratation osmotique, plan d'expériences, mangue, papaye.

### Study of the influence of osmotic dehydration parameters: experimentation with papaya (*Carica papaya*) and mango (*Mangifera indica*).

#### Abstract

**Objective:** This work concerns the evaluation of the impact of osmotic dehydration parameters using experimental design on water loss of two tropical fruits.

**Methodology and results:** The study was conducted with papaya and mango in two solutions consisting of sucrose or glucose. In addition to the type of solute, the parameters considered were temperature (30 to 60 ° C) and solute concentration (50 to 70 ° Brix). These experiments were conducted using a factorial design

with mixed levels that led to the development of 18 separate tests for each fruit. These tests provided some variations in water loss and as a result indicated a positive influence of the studied factors. These parameters were statistically significant in the case of papaya, solute concentration (0.1%) and temperature (6%). As for mango, only the solute concentration (0.7%) was significant on water loss.

*Conclusion and application:* Among three studied parameters, only the concentration had a real effect on water loss. This study shows that difference of concentration between solution and material to be treated is the driving motor of water loss independently of treated fruits.

**Keywords:** Osmotic dehydration, experimental design, mango (*Mangifera indica*), papaya (*Carica papaya*)

## INTRODUCTION

Aujourd'hui en Côte d'Ivoire, la commercialisation des produits agricoles est au cœur des préoccupations de nombreuses organisations professionnelles agricoles. Celles-ci soulignent régulièrement les difficultés qu'elles rencontrent pour vendre leurs produits et la trop faible valorisation qu'elles en retirent, d'autant que les producteurs ne disposent pas toujours d'une bonne connaissance des marchés et d'une vision claire des filières de transformation. Il se trouve que dans les pays en voie de développement où l'énergie est souvent rare (électrification incomplète, réseau de distribution de gaz et de fuel peu dense) et chère, le séchage solaire reste l'un des modes de conservation des produits alimentaires les plus utilisés. Mais ces produits séchés sont pour la plupart compromis tant au niveau de leur qualité organoleptique (perte de saveur, couleur terne et peu attrayante) que microbiologique. De plus dans des pays où l'autosuffisance alimentaire n'est pas toujours garantie, la conservation des produits alimentaires constitue un enjeu important et impose la recherche de technologies nouvelles capables d'assurer un approvisionnement régulier du produit et de satisfaire au mieux le consommateur. Fort de ce qui précède, il apparaît inéluctable de mettre à la disposition des producteurs des techniques pouvant apporter une solution idoine et durable aux différents problèmes qui minent le secteur fruitier. En effet les pertes post-récoltes présentent moins de contraintes, surtout si on se limite à des technologies pouvant être mise en œuvre à l'échelle domestique ou de petite entreprise. Or la déshydratation osmotique (DO) constitue une

technique qui a pour vocation d'être utilisable même bord champ précisément à cause de sa simplicité d'application par simple trempage. En effet, elle consiste en l'élimination partielle de l'eau contenue dans l'aliment en l'immergeant dans une solution hypertonique de sucres ou de sels (Singh & Mehta, 2008) afin de réaliser un important départ d'eau du fruit vers la solution aussi bien qu'un transfert du soluté de la solution vers le fruit (Torreggiani, 1993; Tortoe *et al.*, 2007). Ces dernières années, la déshydratation osmotique est devenue une méthode de prétraitement incontournable dans la conservation des fruits et légumes (Teles *et al.*, 2006; Paes *et al.*, 2007; Lombard *et al.*, 2008; Singh & Mehta, 2008). Elle permet de réduire l'énergie requise dans les techniques de séchage, de congélation et d'améliorer la qualité des produits (Alves *et al.*, 2005). Actuellement les investigations menées dans ce domaine concernent la recherche, l'identification et l'optimisation des paramètres opératoires qui influencent significativement les différents transferts de masse au cours du procédé. Jusqu'ici l'essentiel de ces études a mis en évidence l'influence de facteurs tels que la température (Bohuon & Raoult-Wack, 2002; Giraldo *et al.*, 2003; Lewicki & Porzecka-Pawlak, 2005), la concentration (Mauro *et al.*, 2003; Mandala *et al.*, 2005), le type de soluté ((Raoult-Wack, 1994), le mode d'agitation (Park *et al.*, 2002), le rapport volumique ou massique fruit/solution (Rastogi & Raghavarao, 1996). Cependant les résultats obtenus ne sont pas transposables en dehors du cadre d'étude d'où ils ont été générés. Afin, de disposer de conditions

expérimentales généralisables pour la DO des fruits tropicaux saisonniers, ce travail vise à identifier les facteurs clés de la DO à travers l'étude de la papaye et de la mangue par un plan factoriel à niveaux mixtes. Les plans d'expériences présentent généralement deux aspects différents

qui justifient leur utilisation. IL s'agit pour le premier aspect d'une optimisation directe du phénomène étudié. Le deuxième aspect concerne la recherche de facteurs influents. Seul ce dernier aspect est développé dans ce travail.

### MATERIEL ET METHODES

**Matériel végétal:** Des papayes de la variété « solo n°8 » et des mangues de la variété « Kent » ont été achetées sur le marché local de Yamoussoukro (Côte

d'Ivoire). Ces fruits ont été choisis suivant les caractéristiques initiales résumées dans le tableau 1.

**Tableau 1:** Critères de maturité des fruits

Fruit	Couleur	Texture	Maturité (°Brix)	Teneur en eau (%)
Mangue (Kent)	Jaune orangée	Ferme au touché	8-10	82-84
Papaye (Solo n°8)	Verte	Ferme au touché	10-12	84-86

**Planification expérimentale:** Afin de dégager des idées sur la façon de fixer les divers paramètres ainsi que les variantes de mise en œuvre de la méthode de DO, des essais fondés sur les plans d'expériences ont été effectués. Le plan d'expériences utilisé est un plan factoriel complet à niveaux mixtes. Dans ce type de

plan, les différents éléments individuels qui sont associés à chacun des facteurs appelés variantes ou niveaux ne sont pas homogènes. Les facteurs retenus pour l'étude et leurs niveaux respectifs sont représentés dans le tableau 2.

**Tableau 2:** Facteurs de l'étude et leurs niveaux

Facteurs	Niveau bas (-1)	Niveau milieu (0)	Niveau haut (+1)
X1 : soluté	Glucose	xxxxx	Saccharose
X2 : Concentration (°Brix)	50	60	70
X3 : Temperature (°C)	30	45	60

Après avoir défini les facteurs et leurs niveaux, si on considère que les facteurs de l'étude varient ensemble, le plan d'expériences complet est de la forme 2 x 2 x 3, soit 18 expériences. La combinaison des différents niveaux pris par chaque facteur a donné la matrice des expériences à réaliser consignées dans le tableau 3. La perte en eau ( $y$ ), seule réponse prise en compte dans ce travail dépend des conditions expérimentales définies dans le tableau précédent et se traduit par l'équation ci-dessous :

$$y = f(X_1, X_2, X_3)$$

L'expérimentation a pour objectif de mettre en évidence les effets des paramètres de la DO sur la réponse, la perte en eau. Les essais ont été répétés 3 fois comme

le préconise la méthode. A partir des réponses attendues des différents essais, l'effet global, les effets principaux et d'interactions des différents facteurs ont été calculés en usant d'équations de régression linéaire multiple exécutées par le logiciel Microsoft Excel 2007 (Microsoft Inc. Texas, USA). Un Coefficient est statistiquement significatif ou différent de zéro si sa valeur absolue est supérieure à 2 fois l'erreur expérimentale (écart type expérimental) (Feinberg, 1996).

**Préparation des solutions osmotiques :** Le choix des solutés s'est justifié par le coût de ceux-ci et le critère hédonique des produits finaux. Ainsi notre choix s'est porté sur le saccharose et le glucose (Sigma-Aldrich, Allemagne).

Tableau 3: Matrices des essais de la DO de la papaye et de la mangue

Essais	Valeurs codées			Valeurs réelles		
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Concentration	Température	Soluté
1	-1	-1	-1	50	30	Glucose
2	0	0	-1	60	45	Glucose
3	1	1	-1	70	60	Glucose
4	0	-1	-1	60	30	Glucose
5	-1	0	-1	50	45	Glucose
6	1	-1	-1	70	30	Glucose
7	0	1	-1	60	60	Glucose
8	-1	1	-1	50	60	Glucose
9	1	0	-1	70	45	Glucose
10	-1	1	1	50	60	Saccharose
11	0	1	1	60	60	Saccharose
12	1	1	1	70	60	Saccharose
13	-1	0	1	50	45	Saccharose
14	0	0	1	60	45	Saccharose
15	1	0	1	70	45	Saccharose
16	-1	-1	1	50	30	Saccharose
17	0	-1	1	60	30	Saccharose
18	1	-1	1	70	30	Saccharose

La solution osmotique est préparée en dissolvant le soluté adéquat dans de l'eau distillée. La quantité du solvant et du soluté dépend à la fois de la concentration souhaitée et du rapport masse du fruit/ volume de la solution. En général, le rapport fruit/soluté est choisi très faible afin de limiter la dilution du milieu engendrée par la perte d'eau (Bohuon & Raoult-Wack, 2002). Ainsi, les quantités de soluté et de solvant sont déterminées à partir du système d'équations suivant:

$$\begin{cases} 1- M/N=R=1/10 \\ 2- S/N=C/100 \\ 3- N=S+E. \end{cases}$$

Avec,

M: masse des échantillons de fruits (g),

N: masse de la solution (g),

R: rapport masse de fruit/masse de solution,

S: masse du soluté (g)

C: concentration de la solution hypertonique (% ou °Brix)

E: masse du solvant (g).

Des solutions de saccharose et de glucose ont été préparées à raison de 50, 60 et 70°Brix. Afin de faciliter la dissolution du soluté, les béciers ont été introduits dans un bain marie (80-90°C) sous agitation modérée. Après dissolution le degré Brix des solutions refroidies

a été mesuré à l'aide d'un réfractomètre Abbe (PLEUGER 2 WA, Italie).

**Conduite de la déshydratation osmotique:** La déshydratation osmotique des échantillons de mangue et de papaye a été menée dans des bocaux de verre selon un rapport fruit/soluté de 1/10 (m/v). Chaque bocal contenant un échantillon de fruit et la solution osmotique est fermé hermétiquement, puis maintenu dans un bain-marie sous agitation douce (50 tours/mn) et à température constante. Des essais préliminaires ont permis de fixer les temps optimum de traitement entre 5 et 7h.

**Mesure et calculs:** L'influence des paramètres opératoires a été suivie à travers la détermination de la perte en eau. Après une heure de traitement, chaque échantillon de fruit est retiré du bocal, rincé, essoré avec du papier joseph puis pesé. Les différentes teneurs en eau sont définies par pesée suivant la méthode A0AC 22026 jusqu'à obtention d'une masse constante. La perte en eau (PE) à un instant t est donnée par (Jiokap Nono *et al.*, 2001):

$$PE(t) = \frac{M_e(0) - M_e(t)}{M}$$

Avec:

M<sub>e</sub>(0) : masse d'eau dans l'échantillon avant traitement,

$M_e(t)$  : masse d'eau de l'échantillon après traitement à l'instant  $t$ ,

$M$  : masse de l'échantillon avant traitement.

## RESULTATS

Variation de la perte en eau en fonction du type de soluté : L'étude de l'influence du choix du soluté a été menée avec le saccharose et le glucose. Les résultats indiqués par la figure 1 et 2 montrent que la perte en eau est plus importante avec le saccharose. Toutefois,

pendant les deux premières heures de traitement, les niveaux de perte en eau sont plus élevés avec le glucose. Ce constat est plus marqué pour les rondelles de mangues. Après deux heures de traitement, la perte en eau évolue très peu avec le glucose.

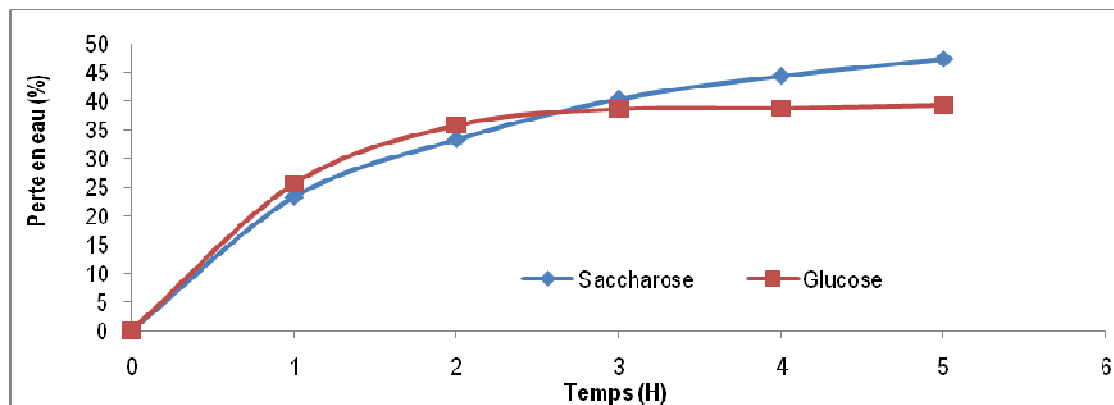


Figure 1: Influence du type de soluté sur la perte en eau des échantillons de papaye (30°C ; 50°B)

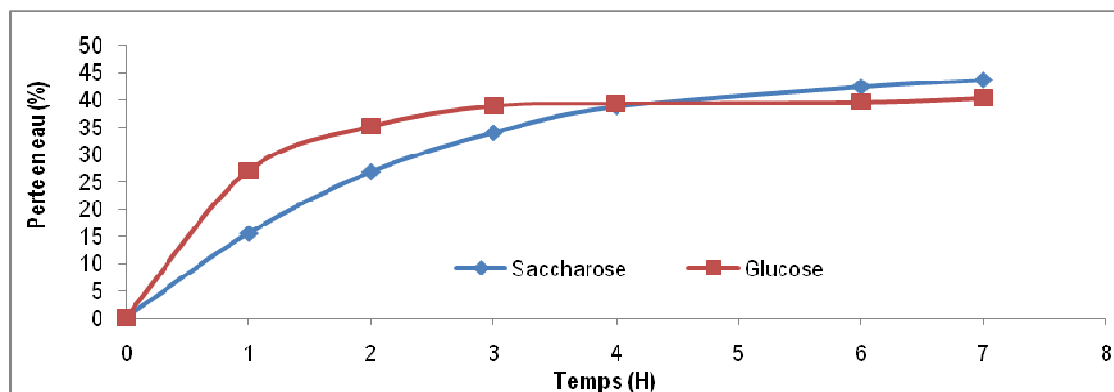


Figure 2: Influence du type de soluté sur la perte en eau des échantillons de mangue (30°C ; 50°B)

**Variation de la perte en eau en fonction de la concentration:** Trois concentrations ont été utilisées : 50, 60 et 70°Brix. Il ressort de l'observation des figures 1 et 2 que l'augmentation de la concentration favorise la perte d'eau des échantillons. Cette perte est beaucoup plus importante à 70°Brix. Ce constat est plus marqué aux premières heures du traitement osmotique où un peu plus de la moitié du transfert d'eau est obtenue après 2h de traitement.

**Variation de la perte en eau en fonction de la température :** La perte en eau augmente parallèlement

avec la température sur toutes les figures (3 et 4). Les plus grandes valeurs de la perte en eau ont été enregistrées pour les températures supérieures (45 et 60°C) à la température ambiante (30°C). Plus précisément lorsque les morceaux de papaye sont traités dans une solution de glucose (50°Brix) à 45°C, ils perdent un peu plus de 50% de leur eau initiale contre seulement 32,42% à 30°C. Il en est de même de la mangue pour laquelle les taux de perte enregistrés sont de 26,06 ; 39,15 et 42,06% respectivement à 30 ; 45 et 60°C.

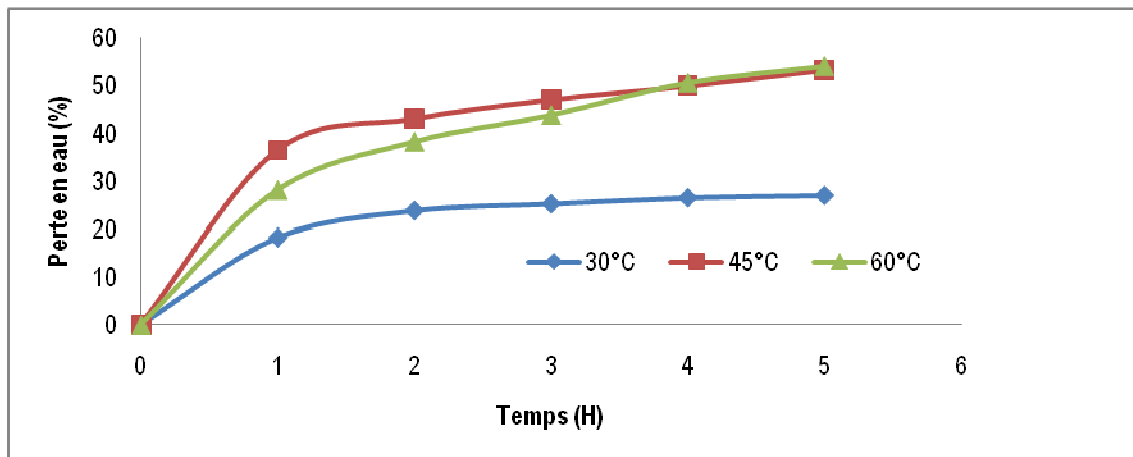


Figure 3: Influence de la température sur la perte en eau des échantillons de papaye à 50°B (glucose)

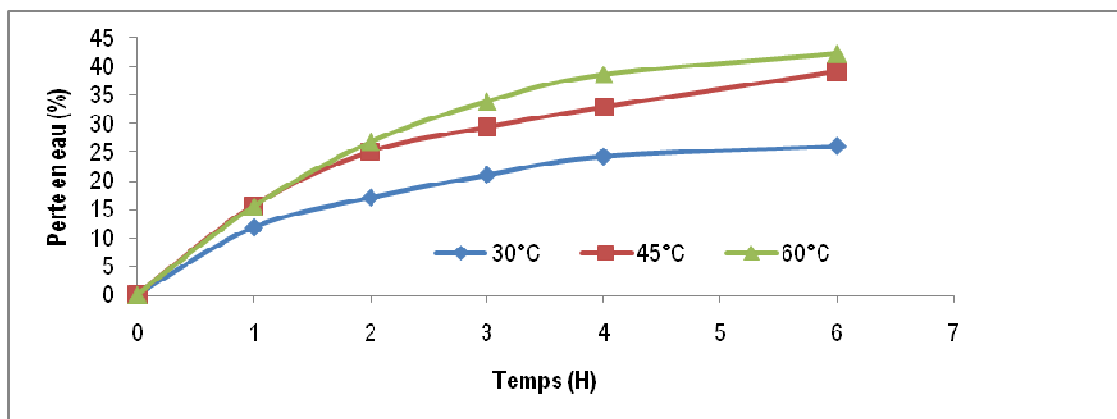


Figure 4: Influence de la température sur la perte en eau des échantillons de mangue à 50°B (saccharose)

**Effet des facteurs:** L'évaluation de l'effet des facteurs à consister à calculer la valeur du coefficient attaché à chacun d'eux et à vérifier celui qui est statistiquement significatif. Un coefficient est significatif s'il est statistiquement différent de zéro et sa probabilité inférieure à 10% selon (Feinberg, 1996). Les dix huit (18) essais réalisés de manière aléatoire pour l'ensemble des trois (03) facteurs que sont le type de soluté, la concentration du soluté et la température, ont permis d'obtenir les tableaux 4 et 5. L'analyse de la probabilité de chaque facteur révèle que la concentration et la température ont un effet significatif

sur la perte en eau des tranches de papaye. En effet, avec des probabilités respectives de 0,001 et 0,067 (largement inférieure à 10%), les facteurs concentration et type de soluté entretiennent une bonne corrélation avec la perte en eau pour des coefficients positifs de 12,328 et 5,198. L'analyse du tableau 5 révèle que les trois facteurs entretiennent une influence positive sur la réponse. Cependant seule la concentration (8,335) avec une probabilité de 0,007 permet une augmentation significative de la perte en eau des échantillons de mangue.

**Tableau 4:** Effet des facteurs de la DO de cubes de papaye

	Coefficient	Probabilité
Effet moyen	51,550	<u>0,000</u>
(1) Soluté	-0,159	<u>0,940</u>
<b>(2) Concentration</b>	<b>12,328</b>	<b><u>0,001</u></b>
<b>(3) Température</b>	<b>5,198</b>	<b><u>0,067</u></b>
1x2	-0,354	0,911
1x3	2,638	0,322
2x3	-2,823	0,291
1x2x3	-2,851	0,379

**Tableau 5:** Effet des facteurs de la DO de rondelles de mangue

	Coefficient	Probabilité
Effet moyen	47,089	0,000
(1) Soluté	2,516	0,2395
<b>(2) Concentration</b>	<b>8,335</b>	<b><u>0,007</u></b>
(3) Température	0,859	0,7347
1x2	0,341	0,8926
1x3	1,021	0,6872
2x3	-3,251	0,3065
1x2x3	1,691	0,5874

## DISCUSSION

D'une manière générale, une perte d'eau significative a été observée au cours du processus de DO pour l'ensemble des fruits traités. Cette perte en eau est la conséquence du déséquilibre osmotique entre le fruit et la solution. Elle est favorisée par les concentrations croissantes de soluté mais également par les paramètres cités plus haut. En effet, le départ d'eau du fruit vers la solution osmotique a été plus important avec le saccharose comme agent déshydratant. Les mêmes observations ont été relatées par Ispir et Togrul (2009). Ce constat serait dû à la différence de poids moléculaire entre le saccharose et le glucose selon (Nsonzi & Ramaswamy, 1998). Santchurn *et al.* (2007) ont montré dans leur étude sur la DO de filets de viande que l'augmentation de la masse moléculaire de polyéthylène glycol (PEG, employé comme modèle de soluté) de 200 à 600 influençait significativement la perte d'eau la faisant passer de 34% à 53%. Il a également été établi par Dermesonlouoglou *et al.* (2007) que la DO avec le glucose, molécule de faible poids moléculaire (182 contre 342,3 g pour le saccharose) causait un faible retrait d'eau par conséquent une perte de masse moins importante que

les solutés de poids moléculaire élevé. Les études (Atarés *et al.*, 2009) et Taiwo *et al.* (2003) confirment le résultat précédent. Selon Fernandes *et al.* (2006), la taille des molécules de saccharose ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) constituerait un obstacle à leur pénétration dans le fruit empêchant ainsi l'état d'équilibre pour des traitements de courte durée (ne dépassant pas les 5-7 heures) comme c'est le cas avec le glucose ( $C_6H_{12}O_6$ ). Cet état d'équilibre serait causé par l'imprégnation des fruits en soluté notamment de faible poids moléculaire. En ce qui concerne l'impact de la variation de la concentration, pour des taux de saccharose ou de glucose élevées (70° Brix), les pertes en eau enregistrées ont été les plus importantes comme l'ont montré les figures 1 et 2. El-Aouar *et al.*, (2006) et, Fernandes *et al.*, (2006) dans leurs études respectives sur la papaye et le melon ont montré que l'augmentation de la concentration du soluté contribuait fortement à la perte d'eau du fruit. Les travaux de Ferradji *et al.* (2008) et ceux de Azoubel et Oliveira (2008) relatent l'évolution rapide de cette perte durant les premières heures d'immersion, en accord avec les résultats obtenus dans la présente

étude. Cette évolution serait apparemment due à une différence du gradient osmotique entre le fruit frais (hypotonique) et la solution osmotique (hypertonique). En effet plusieurs auteurs soutiennent que plus ce gradient est élevé, plus grande est la pression osmotique exercée par la solution sur le produit à déshydrater (Kowalska & Lenart, 2001; Park *et al.*, 2002; Azoubel & Elizabeth Xidieh Murr, 2004; Ispir & Togrul, 2009). D'une manière générale, l'effet de la température reste discutable sur le phénomène de déshydratation osmotique des fruits et légumes. Il est admis par certains auteurs (Sablani & Shafiur Rahman, 2003; Corzo & Gomez, 2004) que ce facteur n'a pas d'influence significative sur la perte d'eau. D'autres (Jiokap Nono *et al.*, 2001; Khoyi & Hesari, 2007; Azoubel & Da Silva, 2008) soutiennent qu'une augmentation de la température entraîne un flux important d'eau du fruit vers le milieu réactionnel qui a pour conséquence bien entendu une perte en eau du produit immergé. Toutefois, Torregiani (1993) soutient que l'influence de la température au cours de la DO dépend essentiellement de la nature du fruit (teneur en eau initial et composition du tissu végétal). Les facteurs choisis dans la présente étude à savoir la concentration de la solution, le type de soluté et la température ont largement été abordés dans des études antérieures (Mújica-Paz *et al.*, 2003; Corzo & Bracho, 2005; El-Aouar *et al.*, 2006; Eren & Kaymak-Ertekin, 2007; Khan *et al.*, 2008; García *et al.*, 2010). Ces facteurs sont considérés par Bohuon et Raoult-Wack (2002) comme ceux qui contribuent de manière efficace à la DO des aliments. Le choix des niveaux des facteurs s'est fait conformément aux résultats d'études antérieures (Torregiani, 1993; Rastogi *et al.*, 2002; Ade-Omowaye *et al.*, 2003; Rastogi & Raghavarao, 2004; Uddin *et al.*, 2004; El-Aouar *et al.*, 2006; Khin *et al.*, 2006; Corzo & Bracho, 2007; Souza *et al.*, 2007). Dans cette logique, les niveaux suggérés correspondent à un transfert d'eau et éventuellement d'oligoéléments lorsque ces derniers définissent les conditions environnementales de la DO. Ces niveaux

## CONCLUSION

L'objectif de ce travail était d'étudier l'influence des paramètres du procédé de DO sur la perte en eau. L'étude a été conduite sur des rondelles de mangue et des cubes de papaye. Afin de connaître le réel impact des facteurs sur le phénomène de la DO, l'étude de leur effet a été envisagée à travers un plan

ont donc été définis en fonction de leur pertinence pour la DO de fruits tels que la papaye, la mangue, le melon, l'oignon et la tomate. L'élaboration de la matrice expérimentale permet une organisation rationnelle des essais et la mise en évidence des facteurs importants pour l'étude. D'une manière générale, la variabilité de la réponse (perte en eau) observée dans ce travail montre bien l'influence des facteurs expérimentaux sur le procédé de DO. En effet, la recherche des facteurs statistiquement influents indique que la concentration et la température contribuent fortement à la perte d'eau des échantillons de papaye traités. Des résultats similaires obtenus par Ispir et Togrul (2009). Mercali *et al.* (2010) ont montré la dépendance positive de la perte en eau à la température et à la concentration du saccharose. Ces résultats concordent avec les principes de l'osmose qui stipule que la diffusivité de l'eau dépend fortement de la température, de la pression et de la composition du milieu réactionnel (Mercali *et al.*, 2010). Dans le cas de la mangue, seule la concentration a eu un effet avéré sur la réponse étudiée (perte en eau). Il convient de rappeler ici que ces échantillons ont été traités dans les mêmes conditions expérimentales que celles retenues pour l'étude de la papaye. Cette autonomie de la perte en eau des rondelles de mangues par rapport à la température pourrait s'expliquer par les caractéristiques structurales des tissus de ce fruit qui ne sont pas pris en compte dans la présente étude. Des auteurs (Torregiani, 1993; Raoult-Wack, 1994) soutiennent que les cinétiques de la perte en eau et du gain de solide en plus de dépendre des conditions expérimentales, sont également soumises aux caractéristiques structurales du matériel végétal. Selon Abud-Archila *et al.* (2008) et Mujica *et al.* (2003), la petitesse des pores de fruits tels que la mangue et le melon rendrait quasiment nulle l'influence de la température sur la viscosité de la solution et par conséquent sur la perte en eau.

d'expériences à niveaux mixtes. Ainsi, dans le cas de la papaye, les facteurs influents ont été la température et la concentration du soluté. Pour la mangue, seule la concentration du soluté a influencé significativement la perte en eau. Ces résultats ont montré que les facteurs de conduite de la DO ne sont pas les seuls



responsables du transfert d'eau. En effet, les caractéristiques intrinsèques du fruit semblent avoir un effet sur le comportement du fruit au cours de la DO. Toutefois, la concentration du soluté reste le facteur le

plus significatif dans la conduite d'une DO et les résultats de l'étude de l'influence du type de soluté montre que le saccharose est le paramètre indiqué pour une vulgarisation de la cette méthode.

## RÉFÉRENCES

- Ade-Omowaye BIO, Rastogi NK, Angersbach A & Knorr D (2003) Combined effects of pulsed electric field pre-treatment and partial osmotic dehydration on air drying behaviour of red bell pepper. *Journal of Food Engineering* 60, 89-98.
- Alves DG, Barbosa Jr JL, Antonio GC & Murr FEX (2005) Osmotic dehydration of acerola fruit (*Malpighia punicifolia* L.). *Journal of Food Engineering* 68, 99-103.
- Atarés L, Chiralt A, Corradini MG & Gonzalez-Martínez C (2009) Effect of the solute on the development of compositional profiles in osmotic dehydrated apple slices. *LWT - Food Science and Technology* 42, 412-417.
- Azoubel PM & Da Silva FO (2008) Optimisation of osmotic dehydration of 'Tommy Atkins' mango fruit. *International Journal of Food Science and Technology* 43, 1276-1280.
- Azoubel PM & Elizabeth Xidieh Murr F (2004) Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato. *Journal of Food Engineering* 61, 291-295.
- Bohuon P & Raoult-Wack AL (2002) L'eau dans les aliments : aspects fondamentaux, signification dans les propriétés sensorielles des aliments et dans la conduite des procédés. Paris.
- Corzo O & Bracho N (2005) Osmotic dehydration kinetics of sardine sheets using Zugarramurdi and Lupín model. *Journal of Food Engineering* 66, 51-56.
- Corzo O & Bracho N (2007) Determination of water effective diffusion coefficient of sardine sheets during vacuum pulse osmotic dehydration. *LWT - Food Science and Technology* 40, 1452-1458.
- Corzo O & Gomez ER (2004) Optimization of osmotic dehydration of cantaloupe using desired function methodology. *Journal of Food Engineering* 64, 213-219.
- El-Aouar AA, Azoubel PM, Barbosa JJJ & Xidieh Murr FE (2006) Influence of the osmotic agent on the osmotic dehydration of papaya (*Carica papaya* L.). *Journal of Food Engineering* 75, 267-274.
- Eren I & Kaymak-Ertekin F (2007) Optimization of osmotic dehydration of potato using response surface methodology. *Journal of Food Engineering* 79, 344-352.
- Feinberg M (1996) La Validation des Méthodes d'Analyse: Une Approche Chimométrique de l'assurance qualité au laboratoire. Paris, France: Masson.
- García M, Díaz R, Martínez Y & Casariego A (2010) Effects of chitosan coating on mass transfer during osmotic dehydration of papaya. *Food Research International* In Press, Corrected Proof.
- Giraldo G, Talens P, Fito P & Chiralt A (2003) Influence of sucrose solution concentration on kinetics and yield during osmotic dehydration of mango. *Journal of Food Engineering* 58, 33-43.
- Ispir A & Togrul IT (2009) Osmotic dehydration of apricot: Kinetics and the effect of process parameters. *Chemical Engineering Research and Design* 87, 166-180.
- Jiokap Nono Y, Giroux F, Cuq B & Raoult-Wack A-L (2001) Etude des paramètres de contrôle et de commande du procédé de déshydratation-impregnation par immersion, sur système probatoire automatisé: application au traitement des pommes "Golden". *Journal of Food Engineering* 50, 203-210.
- Khan MAM, Ahrné L, Oliveira JC & Oliveira FAR (2008) Prediction of water and soluble solids concentration during osmotic dehydration of mango. *Food and Bioprocess Technology* 1, 7-13.
- Khin MM, Zhou W & Perera CO (2006) A study of the mass transfer in osmotic dehydration of coated potato cubes. *Journal of Food Engineering* 77, 84-95.
- Khoyi MR & Hesari J (2007) Osmotic dehydration kinetics of apricot using sucrose solution. *Journal of Food Engineering* 78, 1355-1360.
- Kowalska H & Lenart A (2001) Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables. *Journal of Food Engineering* 49, 137-140.
- Lewicki PP & Porzecka-Pawlak R (2005) Effect of osmotic dewatering on apple tissue structure. *Journal of Food Engineering* 66, 43-50.
- Lombard GE, Oliveira JC, Fito P & Andrés A (2008) Osmotic dehydration of pineapple as a pre-treatment for further drying. *Journal of Food Engineering* 85, 277-284.

- Mandala IG, Anagnostaras EF & Oikonomou CK (2005) Influence of osmotic dehydration conditions on apple air-drying kinetics and their quality characteristics. *Journal of Food Engineering* 69, 307-316.
- Mauro MA, de Queiroz Tavares D & Menegalli FC (2003) Behavior of plant tissue in osmotic solutions. *Journal of Food Engineering* 56, 1-15.
- Mercali GD, Ferreira Marczak LD, Tessaro IC & Zapata Noreña CP (2010) Evaluation of water, sucrose and NaCl effective diffusivities during osmotic dehydration of banana (*Musa sapientum*, shum.). *LWT - Food Science and Technology* In Press, Corrected Proof.
- Mújica-Paz H, Valdez-Fragoso A, López-Malo A, Palou E & Welti-Chanes J (2003) Impregnation properties of some fruits at vacuum pressure. *Journal of Food Engineering* 56, 307-314.
- Nsonzi F & Ramaswamy HS (1998) Osmotic dehydration kinetics of blueberries. *Drying Technology* 16, 725-741.
- Paes SS, Stringari GB & Laurindo JB (2007) Effect of vacuum and relaxation periods and solution concentration on the osmotic dehydration of apples. *International Journal of Food Science and Technology* 42, 441-447.
- Park KJ, Bin A, Reis Brod FP & Brandini Park THK (2002) Osmotic dehydration kinetics of pear D'anjou (*Pyrus communis* L.). *Journal of Food Engineering* 52, 293-298.
- Raoult-Wack AL (1994) Recent advances in the osmotic dehydration of foods. *Trends in Food Science and Technology* 5, 255-260.
- Rastogi NK & Raghavarao KSMS (1996) Kinetics of Osmotic Dehydration under Vacuum. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 29, 669-672.
- Rastogi NK & Raghavarao KSMS (2004) Mass Transfer During Osmotic Dehydration: Determination of Moisture and Solute Diffusion Coefficients from Concentration Profiles. *Food and Bioprocess Processing* 82, 44-48.
- Rastogi NK, Raghavarao KSMS, Niranjana K & Knorr D (2002) Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. *Trends in Food Science & Technology* 13, 48-59.
- Sablani SS & Shafiur Rahman M (2003) Effect of syrup concentration, temperature and sample geometry on equilibrium distribution coefficients during osmotic dehydration of mango. *Food Research International* 36, 65-71.
- Santchurn SJ, Collignan A & Trystram G (2007) Impact of solute molecular mass and molality, and solution viscosity on mass transfer during immersion of meat in a complex solution. *Journal of Food Engineering* 78, 1188-1201.
- Singh B & Mehta S (2008) Effect of osmotic pretreatment on equilibrium moisture content of dehydrated carrot cubes. *International Journal of Food Science and Technology* 43, 532-537.
- Souza JS, Medeiros MFD, Magalhães MMA, Rodrigues S & Fernandes FAN (2007) Optimization of osmotic dehydration of tomatoes in a ternary system followed by air-drying. *Journal of Food Engineering* 83, 501-509.
- Taiwo KA, Eshtiaghi MN, Ade-Omowaye BIO & Knorr D (2003) Osmotic dehydration of strawberry halves: Influence of osmotic agents and pretreatment methods on mass transfer and product characteristics. *International Journal of Food Science and Technology* 38, 693-707.
- Teles UM, Fernandes FAN, Rodrigues S, Lima AS, Maia GA & Figueiredo RW (2006) Optimization of osmotic dehydration of melons followed by air-drying. *International Journal of Food Science and Technology* 41, 674-680.
- Torreggiani D (1993) Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. *Food Research International* 26, 59-68.
- Tortoe C, Orchard J & Beezer A (2007) Osmotic dehydration kinetics of apple, banana and potato. *International Journal of Food Science and Technology* 42, 313-318.
- Uddin MB, Ainsworth P & Ibanoglu S (2004) Evaluation of mass exchange during osmotic dehydration of carrots using response surface methodology. *Journal of Food Engineering* 65, 473-477.