

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE M'HAMED BOUGUERA-BOUMERDES



Faculté des Sciences de l'Ingénieur  
Département de Technologie Alimentaire  
Laboratoire de Technologie Alimentaire  
MEMOIRE DE MAGISTER

Option : Génie Alimentaire

**OPTIMISATION DU PROCESSUS  
D'IMMERSION - REHYDRATATION DU SYSTEME  
DATTES SECHES - JUS D'ORANGE**

Réalisé par :

Mme MESSAID Habiba

Née BENAZZOUZ

Devant le Jury :

Mr ALIOUCHE Djamel  
Mr KOCEIR EAmed  
Mme FAZOUANE Fethia  
Mr BENAMARA Salem

Professeur à l'université UMBB  
Maître de conférences USTHB  
Maître de conférences UMBB  
Professeur à l'université UMBB

Président  
Examineur  
Examineur  
Promoteur

Année universitaire : 2007/2008

## Résumé

L'intérêt de cette recherche porte sur la valorisation de la variété de datte commune Mech-Degla. Compte tenu de sa faible teneur en eau (15%), de sa richesse en sucre (> 60% MS), il est possible de mettre au point une formulation alimentaire de type « fruit de dattes dans son sirop auto induit » par le procédé de réhydratation-imprégnation par immersion dans du jus d'orange. Les facteurs affectant le comportement de l'échantillon pendant l'immersion ont été analysés : Température- Temps et Nature du Milieu (niveau de dilution du jus d'orange). Au préalable, la cinétique de réhydratation du fruit dans l'eau distillée a été analysée. L'étude a été réalisée en suivant la méthodologie décrite par les plans d'expériences. Les réponses étant : degré Brix, degré de réhydratation et texture. La meilleure réponse a été obtenue pour un temps d'immersion de 24 h, une température avoisinant les 8°C avec 10% de jus d'orange. Les analyses ont été réalisées sur le produit élaboré et les résultats sont comme suit : Degré Brix obtenu conforme aux normes préconisées par certains auteurs (17° Brix) et une texture caractérisée par une bonne fermeté (établie par un texturomètre comparée à des produits de commerce fabriqués de façon classique). Une analyse sensorielle est effectuée sur l'échantillon par un panel de dégustation. Celui-ci a attribué la note moyenne de 7/9 à l'échantillon étudié avec un intervalle de confiance : 6,40-7,20 au niveau 95%. Finalement, un essai de traitement thermique de stabilisation sur le fruit traité a été réalisé prenant en compte la qualité hygiénique (analyse bactériologique) et organoleptique (texture).

Mots clés : Dattes, modélisation, réhydratation, immersion, plans d'expériences, sirop.

## Abstract

The interest of this research, focuses on the valuation of the variety of common dates Mech-Degla, taking into account its low water content (15%), its richness in sugar (> 60% MS), it is possible to develop a food formulation type of fruit syrup dates in its self-induced "by the process réhydratation-imprégnation by immersion in water acidic. Factors affecting the behaviour of the sample during immersion have been analysed: Temperature-Time and Nature of Environment (level of dilution in the orange juice). Beforehand, the kinetics rehydration fruit in distilled water was studied. The study has been réalysed by following using the methodology described by the design of experiments. The answers sought been: degree Brix, degree of hydration and texture. The best answer has been obtained for a period time of 24 hours, a temperature close to 8°C with 10% of orange's juice. The analyses achieved on the developed product have led to the following results: degree Brix of obtained 17°, consistent with the standards advocated by some authors and a texture with a good firmness established with a texturometre and compared to commercial products, manufactured in a classical way. A serious analysis has been conducted on the sample by a tasting panel He attributed the average score of 7 / 9 in the sample studied with a confidence interval: 6,40-7,20 at 95%. Finally a test of heat treatment stabilization in the fruit has been achieved taking into account the hygienic quality (bacteriological analysis) and organoleptic (texture).

Key words: Dates, modelling, réhydrations, immersion, design of experiments, syrup.

تتجلى أهمية هذا البحث على تثمان التمر من صنف مش- دقلة الذي يحتوى كمية قليلة من الماء (15%) ، و غني من حيث السكريات (أكثر من 60% من الوزن الرطب) ، ومن الممكن صياغة غذائية من نوع "عصير الفواكه التمر" بعملية الاماهة - الإشباع عن طريق الانغماس في المياه الحمضية. العوامل التي تؤثر في التغيير من خلال عينة تم تحليلها : درجة الحرارة-الوقت و طبيعة الوسط (تخفيف مستوى عصير البرتقال). مسبقا ، تم دراسة حركة الاماهة المنتج في الماء المقطر. وقد احللت الدراسة باستخدام المنهجي التي وصفت بالتصميم التجارب. الأجوبة هي : درجة بريكس ، درجة من الترطيب والملمس. أحسن رد تم الحصول عليه للتغطيس هو 24 ساعة ، درجة الحرارة قريبة من 8 درجة مئوية و 10% من عصير البرتقال. التحاليل التي أجريت على المنتج ، أدت إلى النتائج التالية: درجة بريكس تتوافق مع المعايير التي أصرح بها بعض الباحثين (17 درجة بريكس) والملمس الجيد المتحصل عليه ( منضد بجهاز (texturomètre) مقارنة مع المنتجات المصنوعة تجاريا بالطريقة النموداجية. فأجريت التحاليل الحسية للعينة من قبل مجموعة من الأشخاص. أعطيت درجة 7 / 9 للعينة المدروسة مع فترة الثقة : 6,40-7,20 في 95%. أخيرا ، تم تثبيت لفاكهة المعالجة بالمعاملة الحرارية (البسترة) و قد حقق الاستقرار مع مراعاة الجودة الصحية (التحاليل البكتريولوجية) والعضوية (الملمس).

الكلمات الرئيسية: التمر، الاماهة ، التغطيس ، خطط التجارب ، الشراب.

# *Remerciements*

Ce travail a été réalisé au Laboratoire de Recherche de Technologie Alimentaire de l'Université de Boumerdes (LRTA), au Laboratoire de Contrôle de Qualité (CAQCE) de la région centre (Alger) et au Laboratoire de Biochimie du département de Biologie de l'Université de Boumerdes.

Je remercie vivement :

Mr Benamara S., Maître de conférences, de m'avoir confié ce travail et d'accepter de m'encadrer et de me diriger ainsi que pour ses discussions enrichissantes, qu'il trouve ici ma reconnaissance et mon respect.

Mr Alliouche. D., de m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider mon jury et pour son aide précieuse en nous accueillant au sein de son laboratoire pour une partie de mon travail

Mme Fazouane. F., Maître de conférences à l'université de Boumerdes (UMBB) pour avoir honoré ce travail en acceptant de l'examiner.

Mr Koceir. EA., Maître de conférences à l'université de l'université de Bebb Ezzouar (USTHB) d'avoir accepté de juger ce travail.

Mme Gougam. H., Chargée de Cours à l'université de Boumerdes (UMBB) pour ses conseils, et surtout pour ses encouragements.

Je tiens à remercier aussi M. Igheddad pour son aide précieuse pour l'analyse statistique.

J'exprime toute ma gratitude aux enseignants du Département de Technologie Alimentaire de l'INA, pour leur sérieux et abnégation durant la première année de post graduation (92-93).

Je remercie aussi tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce travail.

# **SOMMAIRE**

1.....	Introduction
--------	--------------

## Etude bibliographique

### Chapitre I

#### Le palmier dattier et la datte

I.1 Généralités sur le palmier dattier.....	2
I.1.1. Systématique du phoenix dactyliféra.....	2
I.1.2. Répartition géographique du palmier dattier .....	3
I.1.2.1. Dans le monde.....	3
I.1.2.2. En Algérie .....	3
I.2. Production des dattes.....	4
I.2.1. Dans le monde.....	4
I.2.2. En Algérie.....	6
I.3. Les variétés de dattes.....	6
I.4. Formation et maturation de la datte.....	7
I.5. Description de la datte.....	9
I.5.1. Description du cultivar Mech-Degla.....	11
I.5.1. Caractéristiques générales de datte.....	11
I.6. Composition chimique et valeurs nutritionnelles des dattes sèches.....	11

### Chapitre II

#### La datte et sa valorisation

II.1. Introduction.....	13
II.2. Importance économique de la transformation de datte.....	13
II.3 Technologie de la datte .....	13
II.3.1. Transformation de la datte.....	13
II.3.1.1. Confiserie à base de dattes.....	13
II.3.1.1.1. Pâte de dattes.....	13
II.3.1.1.2. Farine de dattes.....	14
II.3.1.1.3. Sirop, crèmes et confitures de dattes.....	14

II.4. Mise en valeur des déchets.....	14
II.4.1. Biomasse et protéines unicellulaires.....	14
II.4.2. Alcool .....	14
II.4.3. Vinaigre .....	15
II.4.4. Aliments de bétails.....	15
II.4.5. Autres produits.....	15

### Chapitre III

#### L'orange et ses constituants

III.I Description de l'orange.....	17
III.I.2 Structure morphologique de l'orange.....	17
III.I.3. Composition biochimique de l'orange .....	18
III.1.4 Variétés des oranges.....	21
III.1.5. Intérêt alimentaire du jus d'orange.....	21
III.1.5.1. Intérêt nutritionnel.....	21
III.1.5.2. Intérêt thérapeutique .....	22..

### Chapitre IV

#### L'immersion

IV.1 Introduction.....	24
IV.2 Applications pratiques de la diffusion en technologies de transformation Alimentaire.....	25

### Partie expérimentale

### Chapitre V

#### Matériel et méthodes

V. Matériel végétal .....	26
V.1. choix de la variété.....	26
V.1.2 Choix de l'orange.....	27
V.2. Méthodes d'analyses.....	27
V.2.1. Caractérisation physique de la datte .....	27

V.2.2. Analyse physico-chimique de la datte.....	27
V.2.2.1. Détermination de la teneur en eau.....	27
V.2.2.2. Détermination du pH.....	28
V.2.2.3. Détermination de l'acidité titrable.....	58
V.2.2.4. Détermination de la teneur en protéines.....	29
V.2.2.5. Détermination de la teneur en cendres.....	31
V.2.3 Analyse physico-chimique du jus d'orange.....	31
V.2.3.1 .Détermination du degré de Brix.....	31
V.2.3.2 Détermination de la conductivité électrique.....	33
V.2.3.3. Détermination de teneur en vitamine C.....	34
V.2.3.4. Détermination du résidu sec total .....	35
V.2.4. l'immersion.....	25
V.2.4.1. Procédures opératoires d'immersion.....	36
V.2.4.2 Immersion dans l'eau.....	37
V.2.4.2.1 Degré de réhydratation.....	37
V.2.4.2.2 Deuxième loi de Fick.....	37
V.2.4.2.3 Application de l'équation de Peleg.....	38
V.2.4.3. Immersion dans le jus d'orange.....	39
V.2.5. Les plans d'expériences.....	39
V.2.5.1. Introduction.....	39
V.2.5.2 Méthode des plans d'expériences.....	39
V.2.5.3 Formule générale de l'interaction.....	40
V.2.5.4 Estimation de l'erreur et effets significatifs.....	44
V.2.5.4.1. Estimation de l'erreur expérimentale sur l'effet.....	44
V.2.5.4.2. Calcul de la variance moyenne des réponses d'un essai.....	45
V.2.5.4.3. Calcul de la variance sur un effet.....	45
V.2.5.4.4. Calcul de l'erreur type sur l'effet .....	45
V.2.6. Analyse de la texture de la datte.....	46
V.2.7. Analyse sensorielle (Test de dégustation).....	47
V.2.7 .1 - Interprétation statistique des résultats.....	48
V.2.8. Essai d'un traitement thermique de stabilisation.....	48
V.2.8.1. Matériel.....	48
V.2.8.2. Méthode.....	48
V.2.9. Analyse microbiologique.....	48
V.2.9. I.2. Technique de dilution.....	49



V.2.9. I. 3. Recherche et dénombrement des germes totaux .....	49
--	----

V.2.9. I.4. Recherche et dénombrement des levures et moisissures.....	50
---	----

## Chapitre VI

### Résultats et interprétations

VI.1. Caractéristiques morphologiques de la datte.....	51
VI.2. Composition biochimique de la datte Mech –Degla.....	52
VI. 3. Caractéristiques chimiques du jus d’orange.....	54
VI. 4 Essais préliminaires d’immersion dans l’eau distillée.....	54
VI.4.1.1. Influence du temps sur le degré de réhydratation des dattes.....	55
VI.4.1.1.1. Variation du degré de réhydratation en coordonnées logarithmiques.....	57
VI.4.1.1.2. Variation de $\log (X_t - X_c) / (X_e - X_c)$ en fonction du temps.....	57
VI.4.1.1.3. Application de l’équation de Peleg.....	58
VI. 5. L’immersion dans le jus d’orange.....	63
VI.5.1 Application des plans d’expériences.....	64
VI.5.2 Application du tableau des matrices.....	65
VI.5.3. Application du tableau des effets .....	66
VI.5.4. Modélisation mathématique.....	67
VI.6. Stabilisation thermique.....	68
VI.6.2. Résultats des caractéristiques microbiologiques du produit élaboré .....	69
Analyse sensorielle .....	69
• Observation visuelle.....	69
• Observation microscopique.....	71
• Test de dégustation.....	71
VI.7.1 Histogramme graphique.....	72
VI.7.2 Statistiques élémentaires .....	73
Conclusion.....	74
Références bibliographique	
Annexes	

# **Introduction**

## Introduction

L'industrie alimentaire, comme les autres industries ont connu une grande évolution. Cette évolution favorable aux consommateurs cherche depuis toujours un produit de qualité adapté aux besoins fondamentaux de l'organisme, à la santé, à la sécurité et à la protection de la vie du citoyen. La nature nous offre plusieurs matières premières, ayant des valeurs nutritives réelles. Les dattes en sont l'exemple compte-tenu de leur grande teneur en sucre et de leurs éléments minéraux par rapport à la matière sèche. Ce fruit connu depuis l'antiquité par les sahariens, est apprécié pour son goût et sa valeur alimentaire.

Notre pays, classé 6<sup>ème</sup> rang parmi les plus grands des pays producteurs de dattes, compte environ 13 millions de palmiers composés de 940 cultivars différents (Hanachi et al, 1998). La production mondiale réalisée en 2005 dépasse les 5 millions de tonnes de dattes (FAO 2006) avec une diversité exceptionnelle, la plus grande part se partage entre la variété noble « Deglet Nour » et les dattes sèches, « Mech-Degla » entre autres .

Notre objectif consiste à valoriser la variété de datte commune « Mech-Degla » en un produit commercial et lucratif qui devra plaire au plus grand public. Nous sommes amenés à analyser le processus d'élaboration d'une conserve de type « dattes au sirop auto induit » tel que formulé pour une première fois par (Benamara et al., 2007). Nos investigations ont porté sur la cinétique de gonflement du fruit de dattes dans deux milieux liquides différents. En fait, le processus de réhydratation ainsi que sa modélisation (dans divers fruits, légumes et graines) sont largement développés dans la littérature (Banane, carotte, Gesse). Kolawole et al., 2007 ont étudié la réhydratation des dattes entières séchées au préalable pour raison de conservation alors qu'une ébauche sur la réhydratation des dattes Mech-Degla dans le jus d'agrumes a été proposée par (Amellal et al, 2007 ; Ait ameur, 2001). Suite aux travaux précédents, nous nous sommes intéressés à la possibilité de stabilisation du fruit au sirop d'orange après la phase d'immersion. C'est ainsi que les propriétés thermophysiques de la pulpe de dattes ont été élucidées.

**Etude  
bibliographique**

# **Chapitre I**

## **Le palmier dattier et la datte**

## Le palmier dattier et la datte

### I.1. Généralités sur le palmier dattier

Le palmier dattier est un arbre de la famille des Arécacées, un palmier facilement reconnaissable à sa tige non ramifiée, le stipe dont l'élongation se fait dans sa partie coronaire, grâce au bourgeon terminal ; sa hauteur peut atteindre 15 à 20 m. La longueur des feuilles est de 4 à 6 m. Son nom scientifique est : "*Phoenix dactylifera* L." Très répandu dans les zones d'Afrique du nord, du Moyen Orient et dans toutes les zones aux climats sensiblement équivalents, il est l'un des *Phoenix* les plus résistants au froid, puisqu'il résistera à des gels de l'ordre de  $-10^{\circ}\text{C}$ .

Il est donc légèrement plus résistant que le palmier des canaries. Le palmier dattier a besoin d'un sol bien drainé, mais frais en profondeur, une seule "branche" de dattes peut donner 6 à 8 kg de fruits.

Si nous reportons sur une planisphère, les zones de culture du dattier dans le monde, nous constatons que c'est la partie sud du bassin méditerranéen qui à l'apanage de phoeniculture avec une extension vers les pays du golfe persique. (Site internet)

#### I.1.1 Systématique du phoenix dactylifera

La place du palmier dattier dans le règne végétal est rappelée ci-dessous (Djerbi, 1994) :

Groupe : Spadiciflores

Ordre : Palmales

Familles : Palmacées

Sous famille : Coryfoïdées

Tribu : Phoenicées

Genre : Phoenix

Espèce : Dactylifera L.

Le genre phoenix comporte au moins douze espèces, la plus connue est le dactylifera, (Fig I.1), dont les fruits « dattes » font l'objet d'un commerce international important (Espiard, 2002).



Figure I.1: *Phoenix dactylifera L*

## **I.1.2. Répartition géographique du palmier dattier**

### **I.1.2.1 Dans le monde :**

Le palmier dattier fait l'objet d'une plantation intensive en Afrique méditerranéenne et au Moyen-Orient. L'Espagne, est l'unique pays européen producteur de dattes principalement dans la célèbre palmeraie d'Elche (Toutain, 1977) Au Etats-Unis d'Amérique, le palmier dattier fût introduit au XVIII<sup>me</sup> siècle. Sa culture n'a débutée réellement que vers les années 1900 avec l'importation des variétés irakiennes (Matallah, 2004 ; Bouguedoura, 1991). Le palmier dattier est également cultivé à plus faible échelle au Mexique, en Argentine et en Australie (Matallah, 2004).

### **1.1.2.2 En Algérie :**

Le palmier dattier est cultivé au niveau de 17 wilayas seulement, pour une superficie de 120 830 hectares. Cependant, quatre principales wilaya représentent 83,6 % du patrimoine phoenicicole national : Biskra 23 %, Adrar 22 %, El-Oued 21 % et Ouargla 15%.

**Tableau I.1 : Nombre de palmiers dattiers en Algérie (Anonyme, 2002)**

Wilayas	Deglet-Nour (Dattes fines)	Ghars et analogues (Dattes molles)	Degla-Beïda et analogues (Dattes sèches)	Total palmier dattier	Nombre de palmier en rapport
Adrar	0	0	904 2 150	2 904 150	071 2 860
Laghouat	8 470	650 7	580 11	700 27	12 580
Batna	700	900 3	270 21	05 872	25 330
Biskra	1 964 460	436 530	200 748	149190 3	210 802 5
Bechar	5 650	0	0	770 030	360 150
Tamanrasset	2 940	0	0	417 140	167 760
Tebessa	49 550	550 49	650 10	68 970	25 200
Djelfa	2 610	860	210	3 680	610 1
M'sila	0	0	000 18	000 18	000 14
Ourgla	1 092 330	850 783	193 130	069 2 310	667 1 130
El-Bayadh	0	900 45	0	193 130	22 500
Illizi	2250	340 16	030 73	91 620	49 930
Tindouf	350	250 24	0	600 24	3200
El-Oued	1 884 030	703 330	296 300	883 2 660	238 2 580
Khenchela	21 290	800 44	7370	73 460	51 040
Naâma	0	600 19	2600	200 22	250 15
Ghardaia	100 377	154 400	900 378	400 910	631 600
Total	930 559 3	761 1 660	710 048 4	13 505 880	370 9 300

Ce tableau montre que sur un nombre de 13.50 millions de plants cultivés, 69.4 % sont productifs.

## **I.2. Production des dattes**

### **I.2.1. Dans le monde**

Les principaux pays producteurs de dattes dans le monde sont : l'Égypte, l'Arabie Saoudite, l'Iran, l'Irak, les Emirats Arabes Unis, le Pakistan, l'Algérie et le Soudan. La production mondiale de dattes réalisée en 2005 est donnée dans le tableau (I.2)



**Tableau I.2 : production de dattes par pays, en 2005**  
(F A O, 2005)

Pays	Production, en tonnes
Egypte	1 170 000
Arabie saoudite	900 540
Iran	880 000
Emirats Arabes Unis	760 000
Pakistan	625 000
Algérie	470 000
Soudan	330 000
Lybie	238 000
Oman	150 000
Chine	130 000
Tunisie	125 000
Maroc	69 400
Yemen	33 300
Mauritanie	24 000
Tchad	18 000
Qatar	17 000
U.S.A	16 500
Koweït	16 000
Bahrein	15 000
Israël	15 300

Du point de vue quantitatif, la production algérienne représente 7% de la production mondiale, mais du point de vue qualitatif elle occupe le premier rang grâce à la variété Deglet-Nour, la plus appréciée mondialement.

## I.2.2 En Algérie

La production réalisée dans la campagne agricole (2000/2001) est de 4.18 millions de quintaux (Anonyme, 2003).

**Tableau I.3: Production de dattes en Algérie de la campagne agricole (2000/2001), en quintaux (Anonyme, 2003)**

Wilayas	Deglet-Nour	Ghars et analogues (Dattes molles)	Degla-Beïda et analogues (Dattes sèches)	Total
Adrar	0	0	572 000	572 000
Laghouat	350	1990	2070	4 410
Batna	210	1430	4870	6510
Biskra	769 620	134 760	292 280	1 196 660
Bechar	0	0	94 890	94 890
Tamanrasset	0	0	47 930	47 930
Tebessa	4620	4000	1740	10 360
Djelfa	250	100	50	400
M'sila	0	0	2500	2500
Ourgla	434 110	207 760	66740	708 610
El-Bayadh	0	8750	0	8750
Ghardaia	106 000	38 600	131 400	276 000
El-Oued	895 450	234 920	105 820	1 236 190
Khenchela	1 610	4 880	1 480	7 970
Naama	0	1 690	190	1 880
Total	2 212 310	640 000	1 331 960	4 184 270

D'après le tableau I.3, près de 58.14 % de la production nationale de dattes est réalisée par les deux wilayas suivantes : El-Oued (29.54 %) et Biskra (28.6 %).

## Variétés des dattes

Les variétés de dattes sont très nombreuses, le palmier dattier étant un arbre dioïque : il suffit qu'un noyau provenant d'une datte tombée, pousse pour donner une nouvelle variété, le plus souvent différente du pied mère. C'est ainsi qu'au cours des siècles, plusieurs milliers de variétés se sont créées.

Du point de vue commercial, on classe les variétés en 3 catégories. (Maatallah, 1970)

- les dattes molles : Ghars en Algérie. Ahmar en Mauritanie
- les dattes demi-molles : Deglet-Nour en Algérie et en Tunisie, Medjdoul au Maroc.
- les dattes sèches : Degla- Beida, Mech-Degla en Algérie, Amesrie en Mauritanie

Le tableau I.4 nous donne les principaux cultivars et leur localisation.

**Tableau I.4 : Cultivars dominants dans les pays producteurs de dattes (Munier, 1973)**

Pays	Cultivars	Pays	Cultivars
Algérie	Degla-beida, Mech-Degla, Deglet-nour.	Libye	Bkraari, Khadrai, Tafert.
Arabie- Saoudite	Rouzeiz, Koulass, Kounneizi.	Maroc	Jihel, Bou feggous, Mehjoul.
Egypte	Hayani, Saidi ou Siwi, Samani.	Mauritanie	Ahmar, Tinterguel, Tidtguert,
Irak	Zahidi, Sayir, Hallaoui, Deri, Hadraoui, Hestaoui, Tsiptab, Bahri.	Pakistan	Jawan, Sor, Berni, Karoch, Siah, Karba, Kalud, Rabai, Dandari, Mazawali, Sabzo, Abdandan, Alini, Muzawijat, Kluskeech, Zard
Iran	Savir, Mouzafti, Kabkab, Chahani, Mordasang.	Tchad	Marchiano, Zalao, Mektouli
Tunisie	Deglet-Nour, Allig ou Fitmi.		

#### I.4. Formation et maturation de la datte

Les fleurs fécondées à la nouaison, donnent un fruit qui évolue en taille, en consistance et en couleur jusqu'à la récolte (Gilles, 2000).

La datte passe par différents stades d'évolution (Al-shahib et Marshall, 2002 ; Benchabane et al., 1996 ; Sawaya et al., 1983).

Le tableau I.2 : illustre les stades d'évolution de la datte et les appellations utilisées en Afrique du Nord et en Irak

**Tableau I:5 : Stades d'évolution de la datte (Djerbi, 1994)**

Pays	Stades de développement de la datte				
	I	II	III	IV	V
Irak	Hababouk	Kimiri	Khalal	Routab	Tamr
Algérie	Loulou	Khalal	Bser	Martouba	Tamr
Libye	-	Gamag	Bser	Routab	Tamr
Mauritanie	Zeï	Tefejena	Engueï	Blah	Tamr

Concernant ces stades de développement, de nombreux auteurs ont adapté la terminologie utilisée en Irak. Les différents stades peuvent être définis comme suit (Djerbi, 1994) :

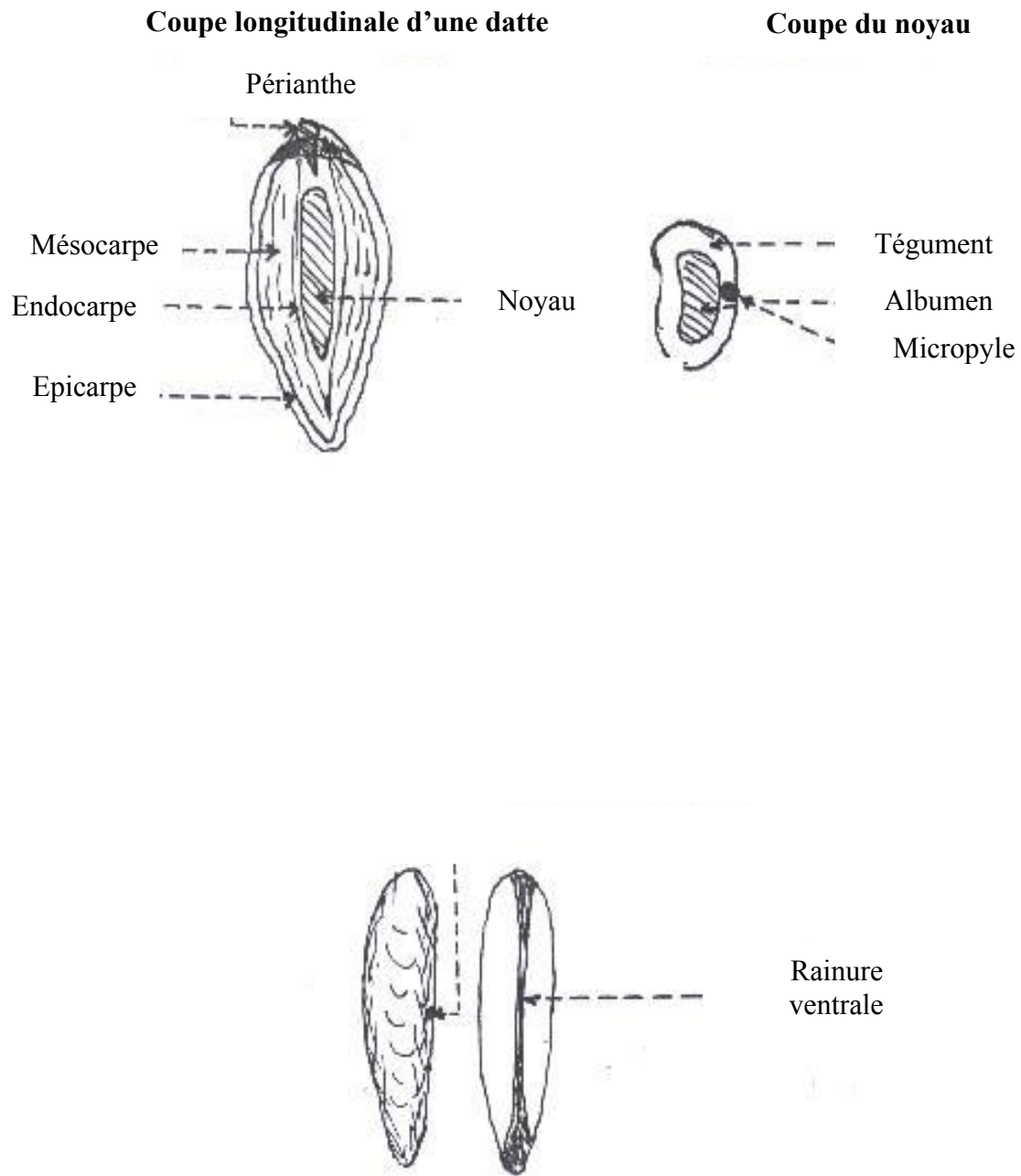
- Hababouk : Ce stade commence juste après la fécondation et dure environ cinq semaines. A ce stade le fruit est entièrement recouvert par le périanthe et se caractérise par une croissance lente.
- Kimiri : Il se caractérise par la couleur verte, un grossissement rapide du fruit, une augmentation de la concentration en tanins et en amidon, une légère augmentation des sucres totaux et de la matière sèche. Ce stade dure neuf à quatorze semaines.
- Khalal : Au cours de ce stade, la couleur du fruit passe du vert au jaune clair, puis vire au jaune, au rose ou rouge selon les variétés. Cette phase est marquée par une augmentation rapide de la teneur en sucres totaux, de l'acidité active, par contre la teneur en eau diminue. Elle dure trois à cinq semaines.
- Routab : La couleur jaune ou rouge du stade khalal passe au foncée ou au noir. Certaines variétés deviennent verdâtres comme la khadraoui (Irak) et la Bouskri (Maroc). Ce stade se caractérise par :
  - La perte de la turgescence du fruit suite à la diminution de la teneur en eau.

- L'insolubilisation des tanins qui se fixent sous l'épicarpe du fruit.
- L'augmentation de la teneur des monosaccharides.
- Tamr : C'est le stade final de la maturation de la datte. Le fruit perd beaucoup d'eau, ce qui donne un rapport sucre/eau élevé.

### **I.5. Description de la datte**

Le fruit du dattier est une baie qui contient une seule graine. A cause de sa très grande dureté, cette graine est à tort considérée comme un noyau (noyau de la datte). La datte est portée par une branche à plusieurs tiges appelées régime. La datte (figure I.1) est composée d'un mésocarpe charnu protégé par un fin péricarpe. L'endocarpe se présente sous forme d'une membrane très fine entourant la graine de forme oblongue, lisse et pourvue de protubérances latérales en ailettes avec un sillon ventral assez profond et un embryon dorsal formant un ensemble globulaire de dépression, protégé par un albumen dur et corné de nature cellulosique. (Maatalah, 1970)

La figure I.2 montre une coupe de datte et du noyau.



**Fig I.2 : Datte et noyau du palmier dattier (Belguedj, 2001)**

## **I.5.1. Description du cultivar Mech-Degla**

### **I.5.1.1. Caractéristiques générales :**

Les caractéristiques générales du cultivar Mech-Degla ont fait l'objet d'études lors des recensements des variétés des dattes algériennes établies par deux principaux auteurs : (Belguedj, 1996 et Hannachi et al., 1998)

- Synonymes : Kentichi
- Distribution géographique : Abondant aux Aurès, au Ziban et au Souf.
- Période de maturité : Septembre- octobre.
- Période de récolte : Octobre - novembre
- Utilisation de la datte : Fraîche et conservée.
- Appréciation : Datte excellente
- Digestibilité : datte très digeste
- Commercialisation : Importante

### **I.6. Composition biochimique et valeurs nutritionnelles des dattes sèches**

La datte sèche est partiellement déshydratée : elle renferme 15 à 20 % d'eau en moyenne (au lieu de 65 à 70 % dans la datte fraîche). Elle concentre évidemment sa matière sèche, ce qui entraîne des modifications sensibles dans sa composition et lui donne des caractéristiques nutritionnelles tout à fait particulières (site internet).

La teneur en glucose (sucres) atteint 64 à 69 %, il s'agit en majorité de fructose de glucose, (chacun représentant environ 2/5) et pour une moindre part de saccharose, environ 1/5 du total. On note aussi la présence de petites quantités de sorbitol

Le taux de protides atteint 2,5% dans la datte sèche, mais celui des lipides reste très faible (moins de 1%) (site internet).

La datte sèche est un fruit hautement énergétique : elle fournit 287 kcal-1200 kJoules-100 g net (soit environ 115 g à 120 g de dattes pesées avec le noyau).

Les minéraux et oligo-éléments sont remarquablement abondants dans ce fruit ; la datte renferme 1,5 à 1,8 g aux 100 g. C'est un fruit le plus riche en potassium (plus de 670 mg aux 100 g), en calcium (62 mg) et en magnésium (58 mg) ainsi qu'en fer (3mg). Cuivre, zinc, manganèse sont également présent à des niveaux intéressants.

Le profil vitaminique de la datte sèche se caractérise par des teneurs tout à fait appréciables en vitamine du groupe B : 1,7 mg de vitamine B3, 0,8mg de vitamine B5, 0,15mg de vitamine B6, 0,10 mg de vitamine B2. Par contre la vitamine C (qui atteignait 15 mg dans la datte fraîche) a presque totalement disparue dans la datte sèche (2 mg en moyenne) et la teneur en provitamine A dépasse rarement 0,03 mg aux 100 g.

La datte séchée est un fruit le plus riche en fibres : elle en apporte en moyenne plus de 7 g aux 100 g. Il s'agit pour l'essentiel plus de 85% du total de fibres insoluble ; cellulose et hémicelluloses (site internet).

## **Chapitre II**

### **La datte et sa valorisation**



# Valorisation de la datte

## II.1. Introduction

La datte a toujours été, depuis des temps immémoriaux, un élément très important de l'alimentation, tant pour les humains que pour les animaux, dans toutes les contrées du sud et de l'est de la méditerranée. Cependant, on constate à l'heure actuelle, une évolution dans les habitudes alimentaires des pays phoenicicoles et dans les diverses utilisations de la datte. Ce qui nous amène à rechercher les meilleurs moyens de répondre à cette évolution en vue d'une valorisation maximale de cette matière première par la mise au point de diverses formulations alimentaires et/ou non alimentaires.

L'utilisation des dattes peu utilisées, mal utilisées ou complètement inutilisées relève de la même démarche (Estanove, 1990)

## II.2. Importance économique de la transformation de la datte

La datte est un produit qui présente des avantages comparatifs et pour lequel il n'existe pas de problèmes de concurrence entre les pays développés et les pays sous-développés, comme c'est le cas pour d'autres produits agricoles (tomates, agrumes, olives, ...etc.).

La datte, fait l'objet d'un commerce intérieur et extérieur important, surtout la variété Deglet-Nour. Les autres variétés, même si elles ne sont pas largement commercialisées sur les marchés, peuvent être transformées en divers produits dont l'impact socio-économique est considérable tant du point de vue de la création d'emplois et la stabilisation des populations dans les zones à écologie fragile. Ainsi les produits issus de la transformation de la datte limiteraient, par ailleurs la dépendance économique du pays vis-à-vis de l'étranger et lui permettraient d'économiser des devises susceptibles d'être dégagées pour d'autres secteurs (Touzi, 1996).

## II.3 Technologie de la datte

### II.3.1 Transformation de la datte

#### II.3.1.1 Confiserie à base de dattes

##### II.3.1.1.1. Pâte de dattes

Les dattes molles ou ramollies par humidification donnent lieu à la production de pâte de datte. La fabrication est faite mécaniquement. Lorsque le produit est trop humide il est possible d'ajouter la pulpe de noix de coco ou la farine d'amande douce. La pâte de datte est utilisée en biscuiterie et en pâtisserie (Espiard, 2002 ; Kendri, 1999).

##### II.3.1.1.2. Farine de dattes

Elle est préparée à partir de dattes sèches ou susceptibles de le devenir après dessiccation. Riche en sucre, cette farine est utilisée en biscuiterie, pâtisserie, aliments pour enfants (Aït- Aneur, 2001 ; Kendri, 1999) et yaourt (Benamara et al., 2004).

#### II.3.1.1.3. Sirop, crèmes et confitures de dattes

Ces produits sont également fabriqués à base de dattes saines car il est important d'éviter tout arrière goût de fermentation.

Selon Espiard (2002), cette gamme de produit est basée sur l'extraction des sucres par diffusion de ces derniers et des autres composants solubles de la datte. Par mélange et cuisson de pâte ou de morceaux de dattes et de sirop nous pouvons obtenir des crèmes ou des confitures d'excellente qualité. Les dattes abîmées et de faible valeur marchande peuvent être utilisées en raison de leur forte teneur en sucre.

### II.4. Mise en valeur des déchets

Les dattes abîmées et de faibles valeur marchande peuvent être utilisées en raison de leur forte teneur en sucre pour la production de :

#### II.4.1. Biomasse et protéines unicellulaires

La production de protéines reste un objet essentiel afin de subvenir aux besoins mondiaux. A cet égard des essais de production de protéines d'organismes unicellulaires par culture de la levure *Saccharomyces cerevisiae* sur un milieu à base de dattes ont été réalisés. Selon (Kendri, 1999), l'analyse des biomasses produites montre leur richesse en protéines à raison de 32 à 40 % de poids sec.

#### II.4.2. Alcool

Les dattes constituent un substrat de choix pour la production de l'alcool éthylique. Selon Touzi (1997), l'alcool éthylique a été produit au laboratoire avec un rendement de 87 %.

#### II.4.3. Vinaigre

Les dattes peuvent être utilisées pour l'élaboration de nombreux produits alimentaires parmi lesquels le vinaigre (Benahmed, 2007) et (Ould El Hadj et al., 2001). Ce dernier a été produit par culture de la levure *Saccharomyces uvarum* sur un extrait de dattes (Boughnou, 1988).

#### II.4.4. Aliments de bétail

Les rebuts et les noyaux de dattes constituent des sous produits intéressants pour l'alimentation du bétail.

La farine des noyaux de dattes peut être incorporée avec un taux de 10 % dans l'alimentation des poulets sans influencer négativement leurs performances (Gualtieri et Rappaccini, 1990).

#### II.4.5. Autres produits

La datte constitue un substrat de choix pour la production de nombreux autres produits tels que : le vin (Espiard, 2002) et le jus de datte (Siboukeur, 1997).

## **Chapitre III**

### **L'orange et ses constituants**

## L'orange et ses constituants

### III.I Description de l'orange

L'orange est comme son nom l'indique de couleur orange. Elle possède une peau épaisse et assez rugueuse. C'est un fruit juteux, sucré, excitant et il contient de la vitamine C. Les oranges se conservent 1 à 5 mois à des températures de 0 à 5 °C et une humidité de 80 à 85 %.

#### III.I.2 Structure morphologique de l'orange

Elle est constituée (Robert, et al., 1999) de l'extérieur vers l'intérieur de :

- L'écorce : constituée de deux parties :

1- l'épicarpe : c'est la partie colorée appelée « flavedo ». Elle représente 8 à 10 % du fruit, contient des glandes à huiles essentielles, des pigments caroténoïdes, des vitamines etc.

2- Le mésocarpe : le mésocarpe interne est appelé « albédo ». Il représente 12 à 30 % du fruit, de couleur blanchâtre, il contient de la cellulose, des sucres solubles, des acides aminés, des vitamines et de la pectine.

- La pulpe : c'est la partie comestible représentant 50 à 80 % du fruit, elle est formée par l'endocarpe, constitué de vésicules renfermant le jus, celles –ci sont séparées par des quartiers dont le nombre varie de 9 à 11.

- Les pépins : ils représentent 0 à 4 % du fruit et ont une teneur élevée en huile.

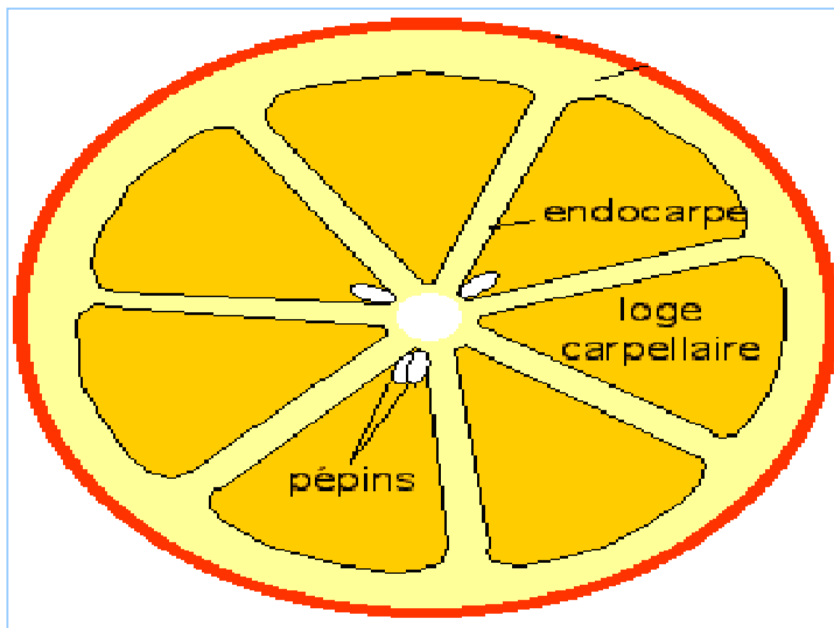


Figure III.1 coupe longitudinale et schéma descriptif de l'orange

(Beton et al., 1993)

### III.1.3. Composition biochimique de l'orange

Avec plus de 85 % d'eau, l'orange est un fruit désaltérant. C'est dans cette eau de constitution que se trouvent sous forme dissoute les principaux éléments nutritifs (Suschet, 1996).

- les glucides : la teneur en sucres peut varier selon la variété, mais elle est de 8,5 à 12 % dans les fruits naturels, les glucides sont représentés par le saccharose (40 %), le fructose et le glucose, ce sont des sucres assimilés qui fournissent rapidement de l'énergie à l'organisme (Beton et al., 1993).

- Les acides organiques : ils représentent 1,2 % et c'est essentiellement de l'acide citrique et un peu d'acide malique qui apportent à l'orange sa saveur acidulée.

- Autres composants énergétiques : ils ne tiennent qu'une place négligeable dans la composition de l'orange, les lipides sont concentrés dans les pépins et la pulpe qui n'en renferment que des traces, enfin, comme tous les fruits à jus, l'orange contient peu de protéines, c'est pourquoi elle est classée comme fruit peu énergétique avec en moyenne 45 calories pour 100 g (Beton et al., 1993).

- Les vitamines : le profil vitaminique de l'orange est dominé par une teneur en vitamine C, l'activité vitaminique est renforcée par la présence de substances dites « Vitamines P » (flavonoïdes et anthocyanes). Ces substances potentialisent l'effet antiscorbutique de la vitamine C et ont par ailleurs une action protectrice sur les capillaires sanguins (Beton et al., 1993).

La vitamine C est protégée par l'activité naturelle du milieu (acides organiques) et par la peau épaisse du fruit qui constitue une barrière efficace vis-à-vis de l'oxygène de l'air.

Les autres vitamines hydrosolubles sont également bien présentes, toutes les vitamines du groupe B en particulier la B12 et B9.

Pour les vitamines liposolubles, la variété la plus colorée étant la plus riche en provitamine A qui peut atteindre 0,05 à 0,2 mg par 100 g, on trouve aussi de petites quantités de vitamine E (0,24 mg par 100 g.) (Albrigo, 1970).

- Les minéraux : très diversifiés ; le calcium occupe une place privilégiée par son abondance (40 mg par 100 g) et de sa forme particulièrement assimilable lorsqu'il est apporté par l'orange (Boileau, et al., 1998).

- Les oligo-éléments : ils sont nombreux, Fer à 0,3 mg, Cuivre, Zinc, Manganèse, Nickel, Iode et traces de Bore et de Sélénium (Boileau, et al., 1998).

- Les fibres : sont bien présents dans le fruit avec une teneur de 2,4 % en moyenne, elles ont l'originalité d'être riches en pectines (50 %) particulièrement bien toléré et qui jouent un rôle régulateur dans le transit intestinal (Boileau, et al., 1998).

- La flore mésophile : l'orange contient naturellement une flore mésophile composée de levures et de lactobacillus, indispensables à sa bonne digestion (les lactobacillus font d'ailleurs partie de la flore digestive intestinale) (Larpen, 1985).

- Les substances aromatiques : participent à la formation du goût et du parfum de l'orange, ce sont des composés complexes caractéristiques de ce fruit (cithares, liméniens ; aldéhydes, esters), les essences odorantes sont concentrées dans les cellules sécrétrices de la peau et sont employées en alimentation, parfumerie et pharmacie

- Les pigments : ils donnent à la pulpe sa couleur plus ou moins marquée, jaune à orangé pour les flavonoïdes et caroténoïdes, jaune pour les xanthophylles, rouge pour les anthocyanes ou les violoxantines (abondante dans la sanguine)

- Les huiles essentielles : ce sont des substances volatiles qui donnent à chaque fruit son odeur particulière ((Beton et al., 1993).

Les huiles essentielles sont renfermées dans des petites poches, appelées glandes à essences, visibles à l'œil nu sur l'écorce d'orange (Beton et al., 1993).

- Les enzymes : il existe différents types d'enzymes (Beton et al., 1993).

- Les enzymes hydrolytiques : les estérases et protéases.
- Les enzymes oxydases, les peroxydases et la catalase.
- Les enzymes de fermentation.

Pour plus de détails voici la composition chimique de l'orange exprimée en chiffres.

**Tableau III.1 Composition chimique (l'orange dans 100 g de la partie comestible)  
(Azzouz, 1995)**

Valeurs	Nutriments	Valeurs
87 ml	Valeur calorifique	45cal
940 mg	Acide ascorbique	53,2 mg
120 mg	Vitamine B1	87 ug
11,75 g	Vitamine B2	40 ug
2,4 g	Vitamine B3	282ug
10 mg	Vitamine B5	250 ug
14 mg	Vitamine B6	60 ug
6 mg	Vitamine A	225 UI
0 mg	Vitamine E	0.18 UI
181 mg	Sucre simples	9,35 g
10 mg	Acide gras saturé	15 mg
40 mg	Acide gras monosaturé	23 mg
100 ug	Acide gras polyinsaturé	25 mg
70 ug	Cendre	0.44 g
45 ug	carotenoide	150 ug

### III.1.4 Variétés des oranges :

On peut distinguer trois groupes d'oranges différentes :

- Les Navels

Ces oranges « blondes » leur chair est orange clair ou moyen, avec peu ou pas de pépins, parfumées et juteuses. Oranges à jus par excellence.

- Les Valencia : bien colorée, juteuse et acidulée, elle est très consommée comme orange

« tardive ».

- Les sanguines

Ces oranges « sanguines » leur pulpe est rouge parfois de saveur légèrement musquée. (www. Orange alimentation)

### **III.1.5. Intérêt alimentaire du jus d'orange**

#### **III.1.5.1. Intérêt nutritionnel**

Les jus de fruits constituent un véritable aliment liquide. L'apport hydrique de ceux-ci permet à l'organisme d'assurer le maintien de la turgescence des tissus ; ainsi que la régulation thermique.

Ils apportent à l'organisme des sucres facilement assimilables donc une production d'énergie rapide.

Sa teneur élevée en vitamine C fait du jus un élément important dans le métabolisme du collagène, d'une part, et d'autre part intervient dans la synthèse de l'adrénaline, comme autre vertu, elle a la capacité d'empêcher la réaction entre les nitrites et les amines pour éviter la formation de nitrosamines qui sont des cellules cancérogènes.

L'acide citrique, constitue le principal acide organique des jus de fruits, il peut se substituer avant la digestion à l'acide chlorhydrique gastrique surtout si ce dernier n'est pas sécrété en quantité suffisante. Les citrates peuvent aussi après une oxydation dans les tissus acquérir un caractère basique participant aussi au maintien de la réserve alcaline, toutefois nous estimons que l'un des rôles les plus importants des citrates serait l'activation de la vitamine C.

Les jus de fruits constituent une source appréciable de sels minéraux constituant l'apport des matériaux des os et des nerfs, avec une proportion abondante en potassium qui améliore le tonus musculaire et représente un stimulant du myocarde. On leur doit aussi le pouvoir détoxiquant, par la neutralisation de certains acides, comme l'acide urique

#### **III.1.5.2. Intérêt thérapeutique :**

Les jus de fruit étant composé en moyenne de 90 % d'eau, les consommer permet d'hydrater soigneusement et efficacement son corps, tout en fournissant vitamines et minéraux qui jouent un rôle important dans des différents cancers.

Le calcium : abondant dans les aliments, il est indispensable à la formation des os et des dents ; plusieurs études montrent que les femmes consommant les produits riches en calcium ont moins de cancers de seins que les autres (Steele, et al.,)

Le magnésium : est un minéral bien connu pour ses vertus relaxantes. Anti-stress naturel il favorise la bonne transmission de l'influx nerveux et la décontraction musculaire. Il permet également de réguler le transit intestinal. Une étude qui a testé l'effet du magnésium, trouve un risque de cancer



diminué (. Kato et al., 1997) , ceux qui boivent de l'eau riche en calcium et magnésium ont moins de cancer colorectal et du colon (Brit, 1989).

Le fer : est un oligo-élément qui est présent dans les légumes en quantité élevée, tandis que dans les fruits il est présent en petite quantité (voir tableau III.2). Le fer peut être absorbé par les glucides présents en quantités importantes dans les fruits (Newel, 1988).

Le zinc : est un métal présent en petites quantités dans les aliments (DJA 15 mg/j), une déficience en zinc provoque un taux élevé du cancer de l'œsophage (Mori, et al., 1992).

La vitamine C : Une grande partie de ce que nous savons aujourd'hui sur la vitamine C ; c'est la résultante des différents travaux menés par « Linus et Pauling ». Ces recherches ont montré les rapports suivants : «<http://www.netra-clairvi.com> »

#### a- Vitamine C et dépression :

La dépression, dont on connaît mal les causes pouvait être attribuable partiellement du moins, à une carence en cette vitamine, cette affection constituant le premier symptôme clinique de scorbut (maladie due à une carence en vitamine C).

Une personne qui présente les symptômes d'un début de dépression peut partiellement se rétablir rapidement en utilisant simplement de la vitamine C à raison de 10 à 15 g/j en 3 à 4 reprises.

#### b- Vitamine C et défenses immunitaires :

Les concentrations élevées en vitamines C permettaient une meilleure mobilisation de globules blancs et de neutrophiles, leurs permettant ainsi de s'attaquer beaucoup plus facilement aux bactéries .Elle est indispensable à la synthèse d'anticorps , elle possède donc un effet antiviral à fortes doses. :

#### c- Vitamines C et collagènes

Sans vitamine C, notre corps est incapable de fabriquer du collagène, lorsque l'apport en vitamine C diminue, le corps fabrique moins de collagène et le collagène qu'il fabriquait manque de solidité.

#### d- Vitamine C et anémie :

L'acide folique se transforme en acide folinique avec l'aide de l'acide ascorbique ; les carences en vitamines C entraînent par voie de conséquence une mauvaise utilisation de l'acide ascorbique, les carences en vitamine B9 qui devient elle-même responsable des anémies.

#### e- Vitamine C et hypertension

Il existe un lien direct entre l'apport en vitamine C et le niveau de la tension artérielle. Plus le taux de vitamine C dans le sang est bas, plus la tension est élevée, inversement plus le taux de vitamine C est élevé, plus la tension artérielle se rapproche du niveau optimal.

#### f- Vitamine C et cancer

La vitamine C joue un rôle actif et important dans la prévention du cancer et qu'une teneur faible en vitamine C double le risque statistique de cancer. Elle atténue les conséquences des effets secondaires de la chimiothérapie et de radiothérapie, tout en participant elle-même à la destruction des cellules malignes, en empêchant leur multiplication. L'effet thérapeutique de la vitamine C est large qu'on ne l'imagine.

# **Chapitre IV**

## **L'immersion**

# L'immersion

## 1. Introduction

L'immersion est un procédé de réhydratation qui est complexe et vise la restauration des propriétés des produits crus (Lee, Farid, et Nguyang, 2006).

Les modèles utilisés pour décrire l'évolution de la cinétique peuvent être classés en deux catégories : théoriques et empiriques (Garcia Pascal ; et al, 2006)

Les différentes études de transformation sur la réhydratation des aliments appliquent la et 2<sup>ème</sup> loi de Fick sur la diffusion.

$$\log (X_t - X_c) / (X_o - X_c)$$

X<sub>o</sub> – teneur en eau initiale (kg kg<sup>-1</sup>) (MS)

X<sub>c</sub> – teneur en eau d'équilibre (kg kg<sup>-1</sup>) (MS)

X<sub>t</sub> – teneur en eau à l'instant (t) (kg kg<sup>-1</sup>) (MS)

T – temps (s)

Ces modèles théoriques sont complexes et incluent un grand nombre de fonctions et de paramètres et par conséquent ne sont pas commodes pour des calculs pratiques dans la plus part des situations (Maskan, 2002).

Les modèles empiriques comme l'équation de Peleg dans l'utilisation de la fonction peut être utilisée comme un modèle analytique exact pour la prédiction et l'optimisation de la cinétique de réhydratation (Djomdi et al, 2007).

La disponibilité des modèles empiriques, vérifiée pour les résultats, permettra aux chercheurs de donner des solutions optimums aux aspects des processus d'hydratation.

Peleg (1998) a proposé deux paramètres équation non exponentielle qui décrit les formes d'absorption

$$X_t = X_o + \frac{t}{(k_1 + k_2 t)},$$

k<sub>1</sub> – Constante de vitesse de Peleg (h%<sup>-1</sup>) ; k<sub>2</sub> – Constante de capacité de Peleg (%<sup>-1</sup>)

X<sub>o</sub> – Teneur en eau initiale (kg kg<sup>-1</sup>) ; X<sub>c</sub> – Teneur en eau d'équilibre

t - Temps (min)

Le principe a été largement utilisé pour sa simplicité et décrit d'une manière adéquate l'hydratation des différents produits.

## 2. Applications pratiques de la diffusion en technologies de transformation alimentaire

La diffusion est un phénomène très présent en Industrie Alimentaire, on le rencontre lors des opérations de confisage, de séchage, de réhydratation, de trempage (immersion), etc. (Le Mest et Colas, 1990 ; Urga et al, 2006).

En voici quelques exemples de ces applications qui ont attirées notre intention par leur grand intérêt en industrie alimentaire moderne et par la différence de leurs buts :

- Sopade et al. (1992), Abu-Ghanam et McKenna (1997), et Maskan(2001) ont utilisé l'équation de Peleg pour donner une bonne description du comportement des céréales dans l'eau
- (Cunningham S.E et al, 2007) ont utilisé la deuxième loi de Fick pour décrire la cinétique de réhydratation des pâtes alimentaires, le processus a été caractérisé par deux coefficients de diffusion ( $D_1$  et  $D_2$ ).
- Application pratique dans le procédé de déshydratation par immersion- imprégnation (DII) réalisée avec la viande maigre immergée dans une solution ternaire eau - sel - sirop de glucose. Ce qui permet la perte en eau avec un gain en sel. (L'ajout d'un soluté supplémentaire, le sirop de glucose favorise la déshydratation du produit tout en limitant l'imprégnation en sel) (Santchuns et al ; 2003).
- Comportement de certains fruits tropicaux a été traité par (DII) déshydratation par immersion- imprégnation dans une solution de saccharose (Ivette Jiokap ,François Giroux et al ; 2001).
- Effet de blanchiment et de réhydratation sur la gesse (céréale) et les haricots trempés dans une eau additionnée de bicarbonate de soude (*Lathyrus sitivus*, Urga K, Fufa, Biratu , 2006).

# **Chapitre V**

## **Matériel et Méthodes**

## Matériel et méthodes

### V.1. Matériel végétal

#### V.1.1. Choix de la datte

Les dattes traitées dans les expérimentations qui vont suivre appartiennent à une variété très répandue de la région sud-est de l'Algérie (voir photo V.1). C'est la variété Mech-Degla. Du genre Phoenix dactylifera L. Elle est caractérisée par sa forme sub-cylindrique, légèrement rétrécie à l'une de ses extrémités, sa couleur beige clair, sa texture dure, son aspect farineux et sa consistance sèche qui favorise sa conservation.

Les dattes étudiées sont récoltées en pleine maturité (2006), elles proviennent des palmeraies de la wilaya de Biskra, elles ont été achetées chez un marchand de datte situé à Constantine puis triées et nettoyées, ensuite enveloppées dans du papier journal et scellées dans un sac en polyéthylène afin de les protéger de l'humidité et conservées à 6°C dans un réfrigérateur.

Le choix de cette variété se justifie par sa qualité gustative, son abondance au niveau national et sa facilité de conservation (dattes sèches).



**Photo V.1 : Datte Mech-Degla entière et coupée en deux**

## **V.1.2 Choix de l'orange**

Celle qui semble toute indiquée dans notre choix porte sur l'orange, cette espèce réputée pour son fruit riche en vitamine C est largement consommée dans notre pays

La variété utilisée porte le nom de valencia. Elle est de forme légèrement ovale avec une peau fine parfois granuleuse de couleur orange clair à chaire juteuse. Ce fruit est récolté pendant le mois d'avril jusqu'à juillet, pour cette raison qu'on l'appelle la « tardive », provenant de la région de Blida (ville des oranges).

## **V.2. Méthodes d'analyses**

Elles se rapportent aux expériences suivantes :

- 1 - Caractérisation physique de la datte ;
- 2 - Analyse physico-chimique de la datte ;
- 3 - Analyse physico-chimique du jus d'orange ;
- 4 - Optimisation du processus de réhydratation des dattes dans l'eau distillée;
- 5 - Procédés d'élaboration des fruits au sirop à base de dattes : ici le sirop est auto-généré par le fruit lui même ;
- 6- application de la méthodologie des plans d'expérience pour étudier le point (5) ;
- 7 – Analyse de la texture de la datte et stabilisation après traitement.

### **V.2.1. - Caractérisation physique de la datte ;**

Les caractéristiques morphologiques ont été effectuées sur 10 dattes prélevées au hasard sur lesquelles sont déterminées :

- 1- Les dimensions de la datte entière et de son noyau (longueur et largeur) au moyen d'un pied à coulisse
- 2- le poids de la datte entière, de sa pulpe et de son noyau au moyen d'une balance analytique à la précision de  $\pm 0.001$  de marque (OHAUS)

### **V.2.2. Analyse physico-chimique de la datte**

#### **V.2.2.1 Détermination de la teneur en eau.**

##### **● Principe**

La teneur en eau a été déterminée par dessiccation de 1 g d'échantillon broyée dans une capsule en porcelaine puis séchée dans une étuve à la pression atmosphérique, à une température de  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ .

##### **● Mode opératoire**

- secherdes capsules vides à l'étuve durant 15 mn à  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  ;
- Tarer les capsules après refroidissement dans un dessiccateur ;



- Peser dans chaque capsule 1 g d'échantillon à une précision de 0,001g, et les placer dans l'étuve réglée à  $103 \pm ^\circ\text{C}$  pendant 3 heures ;
- Retirer les capsules de l'étuve, les placer dans le dessiccateur, et après refroidissement, les peser. L'opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant (en réduisant la durée de séchage à 30 mn).

Expressions des résultats

La teneur en eau est exprimée selon la formule suivante :

$$H\% = \frac{(M_1 - M_2)}{P} \cdot 100$$

Soit :

H% : Humidité.

M<sub>1</sub> : Masse de la capsule + matière fraîche avant étuvage.

M<sub>2</sub> : Masse de l'ensemble après étuvage.

P : Masse de la prise d'essai.

$$\text{Matière sèche \%} = (100 - H\%)$$

### V.2.2.2 Détermination du pH (AFNOR, 1970)

#### • Principe

Détermination en unité de pH de la différence de potentiel existant entre deux électrodes en verre plongées dans une solution aqueuse de pulpe de datte broyée.

#### • Mode opératoire

- Couper en petits morceaux une partie de l'échantillon, éliminer les noyaux et les loges carpellaires ;
- Placer le produit dans un bécher et y ajouter trois fois son volume d'eau distillée ;
- Chauffer au bain-marie pendant 30 mn en remuant de temps en temps avec une baguette de verre ;
- Broyer ensuite le mélange obtenu dans un mortier et procéder à la détermination du pH en prenant soins que l'électrode soit complètement immergée dans la solution.

### V.2.2.3. Détermination de l'acidité titrable : (AFNOR, 1974).

#### • Principe

Titration de l'acidité d'une solution aqueuse de dattes avec une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénophtaléine comme indicateur.

- **Mode opératoire**

- Peser à 0.01g près au moins 25 g de dattes broyées ;
- Placer l'échantillon dans une fiole conique avec 50 ml d'eau distillée chaude récemment bouillie et refroidie, puis mélanger jusqu'à l'obtention d'un liquide homogène ;
- Adapter un réfrigérant à reflux à la fiole conique puis chauffer le contenu au bain-marie pendant 30 mn ;
- Refroidir, transvaser quantitativement le contenu de la fiole conique dans une fiole jaugée de 250 ml et compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée récemment bouillie et refroidie, bien mélanger puis filtrer ;
- Prélever à la pipette 25 ml du filtrat et les verser dans un bêcher ;
- Ajouter 0.25 à 0.5 ml de phénophtaléine et tout en agitant, titrer avec de la solution d'hydroxyde de sodium 0.1 N jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante pendant 30 secondes.

- Expression des résultats

L'acidité titrable est exprimée en grammes d'acide citrique pour 100 g de produit :

$$A\% = \frac{(250 \times V_1 \times 100)}{(V_0 \times M \times 10)} \times 0.07 = 175 \frac{V_1}{V_0 \times M}$$

Soit :

$M$  : Masse, en grammes de produit prélevé.

$V_0$  : Volume en millilitres de la prise d'essai.

$V_1$  : Volume en millilitres de la solution d'hydroxyde de sodium à 0.1 N utilisé.

0.07 : Facteur de conversion de l'acidité titrable en équivalent d'acide citrique

#### V.2.2.4 Détermination de la teneur en Azote total (Méthode de kjeldhal) (AFNOR, 1970)

- **Principe**

Le principe de la méthode est basé sur la transformation de l'azote organique en sulfate d'ammonium sous l'action de l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur. Le sulfate d'ammonium obtenu est distillé sous forme d'ammoniac et dosé après déplacement, en milieu alcalin (Lecoq, 1965).

- **Mode opératoire**

- Introduire dans un matras de minéralisation 1 g de poudre de dattes, ajouter une pincée de sulfate de cuivre et de potassium comme catalyseur ;

- Ajouter 15 ml d'acide sulfurique pur ;
- Après une attaque à froid pendant 15 mn jusqu'à l'apparition de vapeurs blanches d'anhydride sulfurique; porter dans un minéralisateur à une température de 420 °C pendant 4 à 5 heures ;
- Quand la solution devient limpide, elle est refroidie puis complétée à 100 ml avec de l'eau distillée ;
- La distillation se fait dans un distillateur automatique VELP où l'ajout de 20 ml de lessive de soude à 35 % dans le matras et 25 ml d'acide borique dans une fiole de 250 ml est réalisé selon un programme établi.
- Le dégagement d'ammoniac est capté par la solution d'acide borique contenant l'indicateur coloré (mélange de bleu de méthylène et rouge de méthyle).
- L'excès d'ammoniac est titré par une solution d'acide sulfurique à 0.05 N dans un titrateur automatique jusqu'à apparition du virage.

NB : un essai à blanc est réalisé dans les mêmes conditions opératoires.

➤ Expression des résultats

La teneur en azote total est déterminée par la formule suivante :

$$N \% = \frac{\frac{V}{V'} \times (N - N') \times 0.05 \times 1.4}{P} = \frac{\frac{V}{V'} \times (N - N') \times 0.07}{P}$$

Soit :

$V$  : Solution minéralisée et complétée à 100 ml ;

$V'$  : Solution de la soude ajoutée (20 ml) ;

$N$  : La quantité d'acide sulfurique lue après titration ;

0.05 : Normalité d'acide sulfurique ;

$P$  : Poids de la prise d'essai (1 g).

### V.2.2.5 Détermination de la teneur en cendres (AFNOR, 1972)

#### • Principe

La pulpe de datte broyée est calcinée à 550 °C dans un four à moufle jusqu'à obtention d'une cendre blanchâtre de poids constant.

- Mode opératoire

- Dans des capsules en porcelaine, peser 2 g de pulpe de dattes broyées ;
- Placer les capsules dans un four à moufle réglé à  $550 \pm 15$  °C pendant 5 heures jusqu'à obtention d'une couleur grise, claire ou blanchâtre.
- Retirer les capsules du four et les mettre à refroidir dans le dessiccateur, puis les peser.

➤ Expression des résultats

$$MO \% = \frac{(M_1 - M_2)}{P} \times 100$$

Soit :

$MO$  % : Matière organique.

$M_1$  : Masse des capsules + prise d'essai

$M_2$  : Masse des capsules + cendres.

$P$  : Masse de la prise d'essai.

La teneur en cendres ( $Cd$ ) est calculée comme suit :

$$Cd = 100 - MO \%$$

### V.2.3 Analyse physico-chimique du jus d'orange

#### V.2.3.1 .Détermination du degré de Brix : (AFNOR, 1970)

- Principe

Le Brix (%) exprime le pourcentage de la concentration des solides solubles contenus dans un échantillon (une solution d'eau). Le contenu des solides solubles représente le total de tous les solides dissous dans l'eau, incluant les sucres, les sels, protéines, acides, etc. et la mesure lue est leur somme totale. Fondamentalement, le Brix (%) est calibré en fonction du nombre de grammes de sucre de canne contenus dans une solution de sucre de canne de 100 grammes. Donc, lors de la mesure d'une solution de sucre, le Brix (%) devrait parfaitement correspondre à la concentration réelle. Dans le cas de solutions contenant d'autres composants, en particulier lorsqu'il s'agit de connaître la concentration exacte, une table de conversion est nécessaire (site internet)

(AFNOR 1970) : on entend par résidu sec soluble (déterminé par réfractomètre) la concentration en saccharose d'une solution aqueuse ayant le même indice de réfraction que le produit analysé, dans des conditions déterminées de préparation et de température. Cette concentration est exprimée en pourcentage en masse.

- Mode opératoire

- placer une goutte de liquide sur la surface du prisme.
- abattre le deuxième prisme sur le premier, ce qui permet d'obtenir une couche uniforme de liquide

- en dirigeant le réfractomètre vers une source lumineuse, deux zones apparaissent : une claire et l'autre sombre.

- la limite entre deux zones indique la grandeur de la réfraction.

- la valeur Brix est la valeur lue par le réfractomètre de type Zuzi série 300 qui nous donne le pourcentage des sucres dans le produit.

Construits en métal avec une optique entièrement en verre, ils sont très lumineux et très robustes. C'est un matériel de référence par sa fiabilité et sa précision.

C'est le seul réfractomètre portable où les graduations sont directement gravées dans l'optique. Pour certain modèle, un thermomètre est implanté dans le corps du réfractomètre.



Photo V.2 : Réfractomètre à main : Zuzi série 300

### V.2.3.2 Détermination de la conductivité électrique

- Principe :

La conductivité électrique exprime l'aptitude de la solution aqueuse électrique à conduire un courant électrique elle est en corrélation avec la teneur en sels solubles.(Rodier, 1977).

#### Mode opératoire

Préparer une solution à 20% de matière sèche, rincer plusieurs fois la cellule à conductivité de l'eau distillée, agiter la solution à examiner afin que la concentration ionique entre les deux électrodes soit identique à celle du liquide ambiant et éliminer les bulles d'air sur l'électrode ensuite plonger l'électrode dans un récipient contenant l'échantillon en prenant soin que les électrodes en platine soient complètement immergées.



Photo V.3 : Conductimètre (Jenway)

### V.2.3.3 Détermination de teneur en vitamine C : (Tilman cité par Audigue ,1978)

- Principe

Il s'agit d'une réduction quantitative du 2,6- dichlorophénolindophénol (DPIP) en un leuco dérivé par la forme réduite de l'acide ascorbique :

- Réactifs :

- solution de 2,6 dichlorophénol indophénol (DPIP)

Dissoudre 50 mg de DPIP et 48 mg de mono hydrogénocarbonates de sodium ( $\text{NaHCO}_3$ ) dans 500 ml d'eau distillée, filtrer la solution et la conserver dans un endroit frais et à l'abri de la lumière.

- solution étalon d'acide ascorbique

Dissoudre 40 mg d'acide ascorbique pure dans 100 ml d'acide oxalique à 0.25%.

Préparer une solution diluée au  $1/10^{\text{ième}}$  avec la solution d'acide oxalique.

- acide oxalique à 0.25%
- solution d'acide acétique à N/20

- Mode opératoire

- dosage dans la solution étalon :

Dans un Erlenmeyer de 150 ml mettre : 10 ml de la solution étalon et 1 ml d'acide acétique à N/20, titrer le mélange avec la solution préparée de DPIP, jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle persistante pendant 30 secondes. Le volume utilisé pour le titrage est 'V1'.

- dosage dans l'échantillon :

Peser 10 g du produit à l'aide d'une balance analytique, le broyer à l'aide du mortier en présence de la solution d'acide oxalique, mettre le broyat dans une éprouvette de 50 ou 100 ml et compléter avec la même solution, filtre ou centrifuger.

Mettre 10 ml du filtrat prélevé à l'aide d'une pipette dans un erlenmeyer de 150 ml ajouter 1ml d'acide acétique et titrer comme auparavant, soit 'V2', le volume nécessaire au titrage.

● Expression des résultats.

La masse de l'acide ascorbique 'X', exprimée en mg/100 gr de produit, est donnée par la formule suivante :

$$X = \frac{0,4 \times V_2 \times V}{V_1 \times 10 \times m} \times 100$$

V<sub>1</sub> et V<sub>2</sub> : volume de DPIP déterminé

V : Volume total du broyat

m : Masse exacte du produit.

#### V.2.3.4 Détermination du résidu sec total : Norme (AFNOR, 1974).

##### Principe :

Le résidu sec d'une matière végétale exprime les substances qui restent après séchage. Après l'élimination d'eau sous forme de vapeur ainsi que les substances volatiles comme les alcools, les éthers, l'ammoniac, les acides volatiles.

Mode opératoire :

Prendre 5 g d'échantillon, les placer dans une capsule métallique d'un poids bien déterminé. L'introduire dans l'étuve réglée à une température de 105 °C pendant 3 heures puis placer la capsule dans un dessiccateur garni d'un déshydratant. La pesée est introduite de nouveau dans l'étuve jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

Soit :

$$M_2 = M_1 - M_0$$

M<sub>0</sub> : masse de la capsule vide (g)

M<sub>1</sub> : masse de capsule contenant la prise d'essai (g)

M<sub>2</sub> : masse de la capsule après évaporation (g)

#### V.2.4 Immersion

##### V.2.4.1 Procédures opératoires d'immersion (schéma général)

La figure V.2 représente sous forme générale les différentes étapes de l'immersion de la datte. Les dattes sont rincées à l'eau courante puis séchées dans du papier absorbant ; elles sont découpées en deux, dénoyautées et ensuite immergées dans des pots fermés par un couvercle. Pendant les premiers instants, le mélange est légèrement agité. Le système étudié est dans un rapport massique de 1/3 (g de datte / g de liquide). Les réponses retenues sont :

- le degré brix,
- la texture de la datte
- le taux de réhydratation de la datte
- les pertes en solide

Schéma général d'immersion.

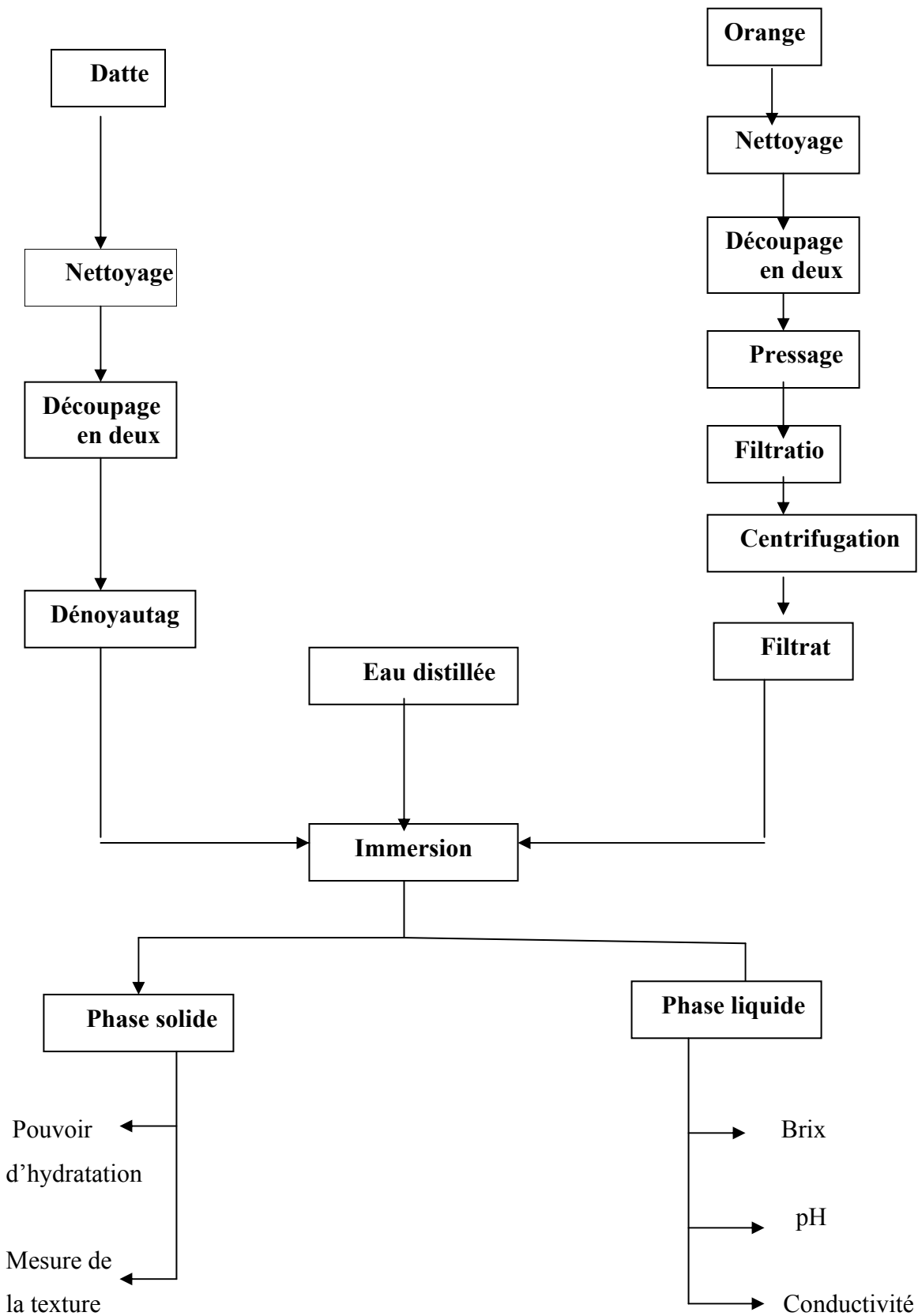


Fig.V.2 Diagramme du procédé de préparation des dattes en immersion

V.2.4.2. Immersion dans l'eau



Les réponses ont été obtenues sur une série de quinze échantillons correspondant chacun aux intervalles de temps respectifs suivants : 5, 10, 15, 30, 60, 120, 180, 240, 300, 360, 480, 720, 960, 1200, 1440 min. Chaque réponse est répétée 3 fois.

Pour chaque prélèvement sont effectuées les opérations suivantes :

- séparation, par filtration, des deux phases : liquide et solide (dattes) ;
- épongeage des dattes au moyen d'un papier absorbant ;
- Mesure de chacune des variables réponses.
- les solutions de trempage sont évaporées puis séchées dans une étuve à  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$  pour déterminer les solides perdues (PS).

Le pouvoir de réhydratation est caractérisé par trois (3) critères différents :

(degré de réhydratation, 2ème loi de Fick, équation de Peleg) :

#### V.2.4.2.1. Degré de réhydratation (AOAC, 1999) :

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{P - P_0}{P} \%$$

$\Delta P/P$  – pouvoir de réhydratation

Soit  $P_0$  et  $P$  – respectivement le poids de la datte avant et après immersion à différents temps.

#### V.2.4.2.2. la deuxième loi de Fick.

La diffusion de matière peut être exprimée par cette équation [Crank, 1975].

$$\frac{\delta X}{\delta t} = D \left\{ \frac{\delta^2 \chi}{\delta r^2} + \frac{1}{r} \frac{\delta \chi}{\delta r} \right\} \quad (1)$$

Soit :

$D$  – coefficient de diffusion ( $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ )

$X$  –teneur en eau ( $\text{kg kg}^{-1}$ )

$r$  – rayon de l'échantillon (m)

$t$  – temps (s)

En tenant compte de certaines hypothèses et en sachant que le processus de diffusion pour n'importe quelle forme, peut-être réduit à la solution analytique correspondant à une sphère [Hebbar et Rastogi, 2001].

L'équation (1) a été réduite par une méthode qui donne une expression plus explicite [Crank, 1975 ; Vergnaud, 1992] :

$$\frac{X_t - X_c}{X_0 - X_c} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4}{\beta_n^2} \exp\left(\frac{-D_r \beta_n^2 t}{(b-a)^2}\right), \quad (2)$$

$X_0$  – teneur en eau initiale (kg kg<sup>-1</sup>) (MS)

$X_c$  – teneur en eau d'équilibre (kg kg<sup>-1</sup>) (MS)

$X_t$  – teneur en eau à l'instant (t) (kg kg<sup>-1</sup>) (MS)

T – temps (s)

$\beta_n$  Racine de la fonction de Bessel ( $\beta_1 = 2,4048$ )

$D_r$  – Coefficient de diffusion (m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>)

a - Rayon interne de l'échantillon (m)

b – Rayon externe de l'échantillon (m)

Pour une valeur de temps (> 10 min) .L'équation (2) a été modifiée ou réduite pour un premier terme de la série (n=1) [Andrieu et Stamatopoulos, 1986].

Le tracé de  $\log(X_t - X_c) / (X_0 - X_c)$  donne une ligne droite avec gradient ( $\beta_1^2 D_r / (b-a)^2$ )

A partir de laquelle la valeur D peut-être calculée. Le graphe consiste en deux lignes droites qui suggèrent deux coefficients de diffusion ou deux étapes caractérisant le processus d'hydratation.  $d_1$  représente la première période d'absorption d'eau et  $d_2$  la phase finale de réhydratation.

#### V.2.4.2.3. Application de l'équation de Peleg

L'équation de Peleg telle que formulée par (Peleg 1988) s'écrit comme suit :

$$X_t = X_0 + \frac{t}{(k_1 + k_2 t)}, \quad \text{D'où} \quad t \longrightarrow \infty; \quad X_c = X_0 + \frac{1}{k_2},$$

$k_1$  – Constante de vitesse de Peleg (h%<sup>-1</sup>)

$k_2$  – Constante de capacité de Peleg (%<sup>-1</sup>)

$X_0$  – Teneur en eau initiale (kg kg<sup>-1</sup>)

$X_c$  – Teneur en eau d'équilibre

t - Temps (min)

Cette équation a été appliquée dans les expérimentations dans le cas d'une courbe représentée par une droite, comme cette fraction ( $X_t - X_0$ ), est approximativement constante ; selon (Abu-Ghannam, et

al., 1997b ; Sopade, et al., 1990) un tracé de  $(t / (X_t - X_0))$ , permet d'étudier les caractéristiques de ces constantes .

### **V.2.4.3. Immersion dans le jus d'orange**

Vu le nombre d'échantillons à analyser dans le cas de l'immersion dans l'eau nous avons opté pour l'application des plans d'expériences telle que décrite par (Goupy, 2001)

## **V.2.5 Les plans d'expériences**

### **V.2.5.1 Introduction.**

Ce travail est basée sur une méthodologie progressive qui rassemble les techniques nécessaires à la conduite des problèmes de recherche, elle nous permet de mener des études avec une grande sûreté et une grande économie de moyens. Cette stratégie, doit nous faciliter l'organisation progressive de l'acquisition des connaissances et minimiser le plus possible le nombre d'expériences et nous donner une meilleure précision possible des résultats, avec des représentations graphiques qui illustrent de manière spectaculaire des résultats.

### **V.2.5.2 Méthode des plans d'expériences**

La différence capitale avec la méthode classique tient au fait que l'on fait varier les niveaux de tous les facteurs à chaque expérience, mais de manière programmée et raisonnée.

Le fait de varier tous les facteurs à la fois n'est pas un inconvénient mais au contraire offre de nombreux avantages parmi lesquels :

- diminution du nombre des essais
- nombre de facteurs étudiés très grand
- Détection des interactions entre facteurs
- Détection des optimaux
- Meilleure précision sur les résultats
- Optimisation des résultats

Les plans d'expériences nous permettent d'étudier de nombreux facteurs tout en maintenant le nombre d'essais, c'est pourquoi l'une de leurs explications principales est la recherche des facteurs influents ou variables.

La recherche de ces facteurs influents consiste :

- à fixer deux valeurs seulement pour chaque facteur. Ces facteurs seront dénommés *niveaux bas et haut* (-, +)
- à étudier le plus grand nombre possible de facteurs.

Parmi tous ces facteurs étudiés, beaucoup seront sans influence et seuls quelques uns joueront un rôle dans les variations de la réponse. Ainsi tous les facteurs influents auront été détectés et étudiés tout en maintenant le nombre d'expériences au juste nécessaire.

L'étude aura été complète sans perte de temps ni d'argent.

Dans notre cas, nous étudierons un plan à trois variables ou facteur :  $2^3$

Les bases de l'étude sont donc les suivantes :

- Facteur 1 - température (niveau bas et haut)
- Facteur 2 - temps (minimum et maximum)
- Facteur 3 - milieu (le moins dilué et le plus dilué)

Pour représenter les essais, on convient de symboliser par -1 le niveau bas de chaque facteur et +1 le niveau haut.

Les réponses sont les suivantes :

Le gonflement représenté par le symbole X

Le degré Brix représenté par le symbole Y

La texture représentée par le symbole Z

Il est alors possible de rassembler tous les éléments de l'expérimentation dans un tableau que l'on nomme *matrice d'expériences* (tableauV.1)

**Tableau V.1 : Matrice d'expériences des réponses**

n° de L'essai	variable1 (température)	Variable 2 (temps)	Variable 3 milieu	$\Delta P/P$ (%)	Degré Brix	Texture (Force de rupture, N)
1	-	-	-	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	Z <sub>1</sub>
2	+	-	-	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	Z <sub>2</sub>
3	-	+	-	X <sub>3</sub>	Y <sub>3</sub>	Z <sub>3</sub>
4	+	+	-	X <sub>4</sub>	Y <sub>4</sub>	Z <sub>4</sub>
5	-	-	+	X <sub>5</sub>	Y <sub>5</sub>	Z <sub>5</sub>
6	+	-	+	X <sub>6</sub>	Y <sub>6</sub>	Z <sub>6</sub>
7	-	+	+	X <sub>7</sub>	Y <sub>7</sub>	Z <sub>7</sub>
8	+	+	+	X <sub>8</sub>	Y <sub>8</sub>	Z <sub>8</sub>

Niveau bas	-5°C ± 3	30 mn	90% eau et 10% jus
Niveau haut	45°C ± 3	24 h	90% jus et 10% eau

Pour calculer les effets de chaque valeur et la valeur des interactions 12, 13, 23 et 123, on construit la matrice des effets de toutes les réponses (tableauV.2).

**Tableau V.2 : Matrice des effets des réponses**

Numéro De l'essai	Moyenne	Facteur 1	Facteur 2	Facteur 3	Interaction 12	Interaction 13	Interaction 23	Interaction 123	Réponses		
									Gonf	Brix	Text
1	+	-	-	-	+	+	+	-	X <sub>1</sub>	y <sub>1</sub>	Z <sub>1</sub>
2	+	+	-	-	-	-	+	+	X <sub>2</sub>	y <sub>2</sub>	Z <sub>2</sub>
3	+	-	+	-	-	+	-	+	X <sub>3</sub>	y <sub>3</sub>	Z <sub>3</sub>
4	+	+	+	-	+	-	-	-	X <sub>4</sub>	y <sub>4</sub>	Z <sub>4</sub>
5	+	-	-	+	+	+	+	+	X <sub>5</sub>	y <sub>5</sub>	Z <sub>5</sub>
6	+	+	-	+	-	-	+	-	X <sub>6</sub>	y <sub>6</sub>	Z <sub>6</sub>
7	+	-	+	+	-	+	-	-	X <sub>7</sub>	y <sub>7</sub>	Z <sub>7</sub>
8	+	+	+	+	+	-	-	+	X <sub>8</sub>	y <sub>8</sub>	Z <sub>8</sub>

<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Moyenne	Ex1	Ex2	Ex3	Ex12	Ex13	Ex23	Ex123
	Ey1	Ey2	Ey3	Ey12	Ey13	Ey23	Ey123
	Ez1	Ez2	Ez3	Ez12	Ez13	Ez23	Ez123

Pour calculer les effets de chaque facteur et la valeur des interactions, on construit la matrice des effets. Les effets (ou interactions) s'obtiennent par un calcul en trois étapes :

- on multiplie chaque réponse par le signe correspondant de la colonne de l'effet,
- on additionne les produits obtenus précédemment,
- on divise la somme ainsi calculée par un coefficient égal au nombre d'expériences.

Par exemple l'effet du degré Brix du facteur 3 s'obtient par la formule suivante :

$$E_{y_3} = \frac{1}{8} [-y_1 - y_2 - y_3 - y_4 + y_5 + y_6 + y_7 + y_8]$$

De même l'interaction d'ordre 3, soit 123, s'obtient par la formule :

$$E_{y_{123}} = \frac{1}{8} [-y_1 + y_2 + y_3 - y_4 + y_5 - y_6 - y_7 + y_8]$$

Notation de Box :

Nous emploierons indifféremment la notation de Box (BOX G. E. P. n°4) et celle que nous avons utilisée jusqu'ici pour désigner les effets et les interactions. Avec cette notation,  $E_{y_1} = 2$ ,  $E_{y_3} = 3$ ,  $E_{y_{12}} = 12$ , etc.

EX : Les formules générales donnant les effets et les interactions d'un plan  $2^3$  du degré Brix sont les suivantes :

$$\text{Moyenne (y)} = 1 = \frac{1}{8} [ + y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7 + y_8 ]$$

$$E_{y_1} = 1 = \frac{1}{8} [ - y_1 + y_2 - y_3 + y_4 - y_5 + y_6 - y_7 + y_8 ]$$

$$E_{y_2} = 2 = \frac{1}{8} [ - y_1 - y_2 + y_3 + y_4 - - + + ]$$

$$E_{y_3} = 3 = \frac{1}{8} [ - - - - + + + + ]$$

$$E_{y_{12}} = 12 = \frac{1}{8} [ + - - + + - - + ]$$

$$E_{y_{13}} = 13 = \frac{1}{8} [ + - + - - + - + ]$$

$$E_{y_{23}} = 23 = \frac{1}{8} [ + + - - - - + + ]$$

$$E_{y_{123}} = 123 = \frac{1}{8} [ - + + - + - - + ]$$

Pour analyser les résultats, nous dressons le tableau des effets en indiquant l'erreur de mesure (tableau V.3)

Tableau V.3 : Tableau des effets de toutes les réponses

Effets				Erreur-type	
	$\Delta P/P$	$^{\circ}\text{Brix}$	Texture		
Moyenne	moy	moy	moy	$\pm$	$S_E$
1	Ex1	Ey1	Ez1	$\pm$	$S_E$
2	Ex2	Ey1	Ez2	$\pm$	$S_E$
3	Ex3	Ey3	Ez3	$\pm$	$S_E$
12	Ex12	Ey12	Ez12	$\pm$	$S_E$
13	Ex13	Ey13	Ez13	$\pm$	$S_E$
23	Ex23	Ey23	Ez23	$\pm$	$S_E$
123	Ex123	Ey123	Ez123	$\pm$	$S_E$

### V.2.5.3 Estimation de l'erreur et effets significatifs des réponses

Nous allons maintenant aborder un problème qui consiste à estimer l'erreur  $S_E$  que l'on commet sur la détermination de l'effet  $E$  et à comparer cette erreur à l'effet lui-même.

Il y'a trois cas possibles

- Si  $E \gg S_E$  l'effet est influent
- Si  $E \ll S_E$  l'effet est sans influence
- Si  $E = S_E$  dans ce cas l'effet peut être sans influence ou légèrement influent.



### V.2.5.3.1. Estimation de l'erreur expérimentale sur un effet

L'erreur accidentelle commise sur la réponse se répercute sur les effets et sur les interactions que l'on calcule. Nous allons voir que l'erreur sur un effet peut être estimée par plusieurs méthodes.

Considérons que l'expérimentation ne connaît pas la valeur de l'erreur commise sur la réponse mais veut bien l'estimer par des expériences supplémentaires dans ce cas il doit recommencer l'ensemble des expériences ce qui lui permet de calculer une valeur moyenne de l'écart-type sur tout le domaine. On commence par calculer la variance de chacun des essais, puis la variance moyenne de tous les essais. Ayant cette variance on en déduit l'erreur moyenne pour un résultat de mesure. Cette erreur est ensuite utilisée pour calculer celle de l'effet, voici le calcul pas à pas.

### V.2.5.3.2. Calcul de la variance moyenne de la réponse du degré Brix

$$= \frac{1}{N-1} \sum_1^N (y_i - \bar{y})^2 S_y^2$$

L'écart-type moyen de la réponse du degré Brix est la racine carré de la variance moyenne soit :

$$= \frac{1}{N-1} \sum_1^N (y_i - \bar{y})^2 \sqrt{S_y^2} =$$

### V.2.5.3.3 Calcul de la variance sur l'effet degré Brix

$$= \left(\frac{1}{N} S_y^2\right) S_E^2$$

### V.2.5.3.1 Calcul de l'erreur type sur l'effet degré Brix

C'est la racine carrée de la variance sur l'effet

Remarque : pour faire les calculs des autres réponses, notamment le gonflement et la texture nous utiliserons la même méthode que précédemment avec le degré Brix

### V.2.6. Analyse de la texture de la datte.

Elle est effectuée au moyen d'un texturomètre de type (voir photo V.3) : Drip Tray (référence : Lloyd).

La texture est mesurée sur le fruit avant et après traitement. Elle est réalisée au moyen d'un pénétrromètre. Le mobile utilisé est de forme cylindrique avec une base plate de 12.7 mm de diamètre, se déplaçant avec une vitesse de 1 mm/s (Fizman et *al*, 1999).

La mesure nous renseigne sur les propriétés texturales de la pulpe (fermeté, allongement et force requise à la compréhension)

Les paramètres mesurés sont les suivants :

- La force de rupture, qui permet d'évaluer la fermeté de la datte;
- La distance de rupture indiquant la rigidité de la datte;
- L'allongement de la datte qui permet d'évaluer la déformation depuis le seuil.

L'analyse de pénétration est répétée trois fois pour chaque distance et pour chaque essai.

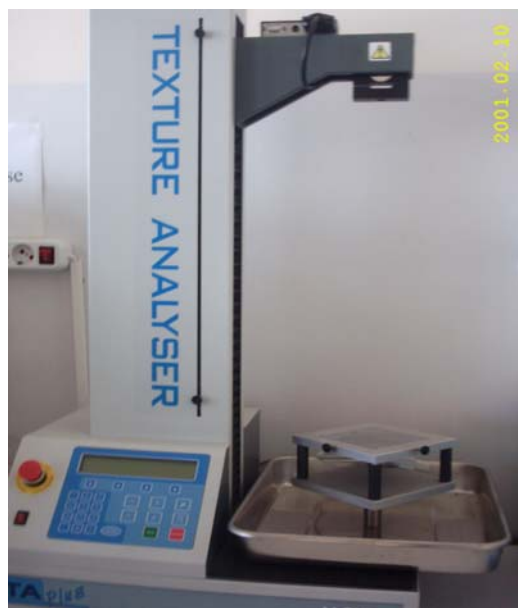


Photo V.4: Texturomètre (TA plus instruments)

### V.2.7. Analyse sensorielle (Test de dégustation)

Il s'agit d'une évaluation hédonique réalisée selon le protocole décrit par (Le Magnen, 1997). L'échantillon est présenté aux dégustateurs (nombre = 50) de façon modanique (un seul échantillon) et le sujet doit exprimer son avis concernant la texture (agréable) sur une échelle de cotation à 9 points. (Tableau V.4)

Tableau V.4 : Evaluation hédonique

Saveur	Note
Extrêmement désagréable	1
. Très désagréable	2
désagréable	3
Assez désagréable	4
Ni désagréable ni agréable	5
Assez agréable	6
Agréable	7
Très agréable	8
Extrêmement agréable	9

#### V.2.7.1. Interprétation statistique des résultats :

L'analyse organoleptique est synthétisée au moyen d'un histogramme et de quelques statistiques élémentaires:

Les statistiques élémentaires sont :

- La moyenne arithmétique  $\bar{X}$
- L'écart-type  $\sigma$
- Variance  $\sigma^2$
- Intervalle de confiance  $I$

## **V.2.8. Essai d'un traitement thermique de stabilisation**

Notre produit (fruits de dattes au sirop) est appelé à subir un traitement de stabilisation. C'est une pasteurisation généralement appliquée à une température inférieure à 100°C (Cheftel et al., 1976).

Les objectifs de ce traitement sont :

- détermination des caractéristiques de thermo résistance du produit élaboré
- efficacité du traitement : qualité microbiologique de la phase liquide ainsi que la texture du fruit (observation visuelle et appréciation de la fermeté).

### **V.2.8.1. Matériel**

- Thermocouple : type J Blindi

Générateur de chaleur : Type Lauda

Acquisition de température par un multimètre :Keithley + ordinateur

-enregistreur de tension : (type Servogor 210 Goerz) par un fil conducteur, il donne l'évolution de la température dans le fruit immergé dans le liquide de couverture en fonction du temps (Voir graphe annexe II).

### **V.2.8.2. Méthode**

Lagneau cité par Espiard (2001) a établi des courbes température/temps en fonction du pH. C'est une application technologique essentielle qui mérite un développement qui dépasse le cadre de ce mémoire. Le régime appliqué est : température =78°C ; temps : 4 mn ; pH : 4.16.

## **V.2.9. Analyse microbiologique**

Elle concerne le liquide d'immersion du produit fini pasteurisé.

Après avoir plongé le flacon dans un bain de glace pour le refroidissement immédiat des fruits (juste après la pasteurisation), nous avons prélevé un échantillon pour y subir des analyses microbiologiques.

### **V.2.9. 1. Méthodes d'analyses microbiologiques**

#### **V.2.9. I.1. Technique de prélèvement**

Dans des conditions d'asepsie. 1 ml de sirop obtenu après pasteurisation est prélevé à partir du bocal en verre qui constitue la solution mère.

#### **V.2.9. I.2. Technique de dilution**

D'après [BOURGEOIS ET LEVEAU] (1991), le diluant utilisé pour la préparation des dilutions doit répondre aux conditions suivantes :

- il ne doit pas induire des variations qualitative et quantitatives sur la flore microbienne présente.
- il doit assurer la survie de tous les micro-organismes, sans favoriser leur multiplication.
- on utilise le plus souvent en bactériologie alimentaire, soit une solution de tryptone de sel ou de l'eau physiologique.

Les dilutions sont réalisées près de la flamme, en pipetant 1 ml de sirop à partir de la solution mère avec une pipette qu'on introduit aseptiquement dans un tube contenant 9 ml de TGEA, ce qui donne ainsi une dilution au 1/10 ou ( $10^{-1}$ ), on agite ensuite le tube manuellement, à l'aide d'une nouvelle pipette stérile, on prélève 1 ml de la dilution  $10^{-1}$  qu'on introduit aseptiquement dans un deuxième tube contenant 9 ml de diluant, ce qui correspond à une dilution au 1/100 ou  $10^{-2}$  et ainsi de suite jusqu'à la dilution  $10^{-5}$ .

### **V.2.9. I. 3. Recherche et dénombrement des germes totaux :**

Le milieu de culture utilisé est tryptone – glucose – extrait -agar (T.G.E.A)

#### **Mode opératoire :**

A partir de la dernière dilution préparée ( $10^{-5}$ ), on prélève 1 ml qu'on introduit dans une boîte pétrie, on coule la gélose T.G.E.A, fondu préalablement refroidie à 45 °C, ensuite on fait agiter les boîtes lentement par des mouvements circulaires. On incube les boîtes (le fond en haut) à 30°C, pendant 72 heures.

Le résultat est obtenu à partir des colonies nettes, espacées et de nombres compris entre 30 et 300. Le dénombrement se fait par la méthode des cadrans. Les résultats sont obtenus en multipliant le nombre de colonies par l'inverse de la dilution correspondante, exprimé en germe/ml. (Giraud j.p)

### **V.2.9. I.4. Recherche et dénombrement des levures et moisissures :**

Le milieu utilisé pour la recherche des levures et les moisissures est l'oxytétracycline- glucose – agar (O.G.A)

Même technique de dilution que précédemment.

#### **Mode opératoire**

On prélève 1 ml de la dernière dilution préparée, elle seraensemencée puis étalée avec un milieu stérile. L'incubation s'effectuera à 25°C pendant 5 jours.

**Etude**

**Expérimentale**

# **Chapitre VI**

## **Résultats et Interprétations**

## Résultats et Interprétations

### VI.1. Caractéristiques morphologiques de la datte

Les caractéristiques physiques de la datte sont données dans le tableau ci-dessous :

Tableau VI.1 : Caractéristiques morphologiques de la datte Mech-Degla

paramètres	Poids de la datte (g)	Poids de la pulpe (g)	Poids du Noyau (g)	Longueur de la datte (cm)	Largeur de la datte (cm)	Longueur du noyau (cm)	Largeur du noyau (cm)
Valeur moyenne	6,05 ± 1,05	5 ± 0,95	1,05 ± 0,23	3,45 ± 0,38	1,8 ± 0,26	2,35 ± 0,18	0,72 ± 0,03

Les résultats obtenus pour tous les paramètres sont légèrement inférieurs à ceux trouvés par Djouab (2007). Ce qui peut s'expliquer par les conditions dans lesquelles sont réalisées les mesures sachant l'instabilité de la teneur en eau de la datte et donc, de sa structure et de son origine géographique.

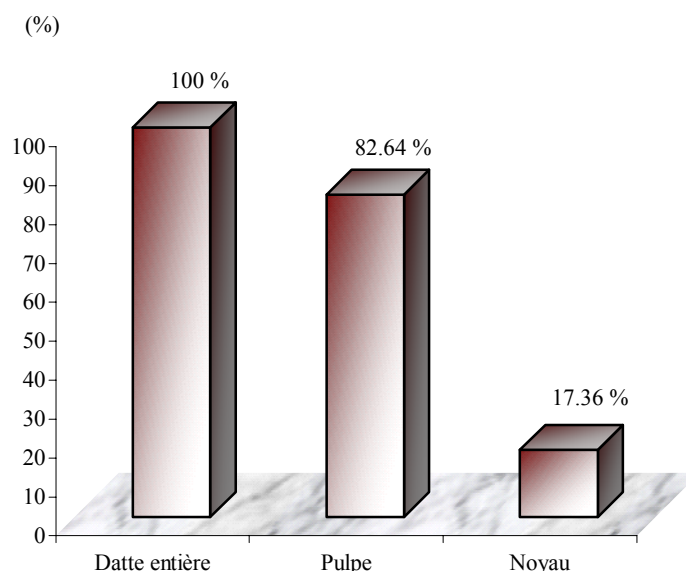
Une datte est dite de qualité physique acceptable quand elle présente (*selon Acourene et al, 2001 ; Mohammed et al., 1983 ; Meligi et al., 1982*) :

- un poids supérieur ou égal à 6 g ;
- un poids de la pulpe supérieur ou égal à 5g ;
- une longueur supérieure ou égale à 3,5 cm;
- un diamètre supérieur ou égal à 1,5cm.

Selon ces critères, la datte étudiée « Mech-Degla » présente une qualité physique acceptable.

La teneur en pulpe qui est de 82.64% (figure VI.1) et exprimée en pourcentage pondéral (poids de la pulpe/poids du fruit frais) est en accord avec celles trouvées par *Acourene (1997) et Djouab (2006)* donnant respectivement des valeurs de 82,45% et 82,79%.





**Fig VI.1 :** Pourcentage de la pulpe et du noyau dans la datte entière

## VI.2. Caractéristiques physico-chimique de la datte Mech-Degla

Les valeurs de la caractérisation physico-chimique de la datte sont portées dans le tableau VI.2.

**Tableau VI.2. Caractérisation de datte Mech-Degla (en % du poids frais)**

paramètre	Humidité (%)	pH	Acidité Titrable (% d'acide citrique)	Azote total (%)	Cendres (%)
Valeur moyenne	14,21± 1,53	6,28± 0,08	0,21 ± 0,09	2,51± 0,35	1,87± 0,18

NB : la valeur moyenne porte sur 03 essais

L'humidité de la datte étudiée est de 14,21%. Elle est légèrement inférieure comparée à celles données par Djouab (2007) et Ait Ameur (2001) : 14,71% et 15% respectivement et pour la même variété. Cette valeur favorise la conservation de la datte sèche qui peut aller jusqu'à une année si les conditions sont favorables.

La valeur du pH de la datte, prise à la température ambiante de 20°C, est de 6,16. Comparée à quelques variétés irakiennes et égyptiennes, elle correspond largement à celle donnée par : *Youssif et al., (1982)* ; *Khalil et al., (2002)*, qui sont comprises entre 5,6 et 6,8.

Notons que cette valeur présente des avantages pour la conservation de certaines vitamines du groupe B telles que B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>9</sub>, B<sub>12</sub> (*Bourgeois et al., 2003*), prédominantes dans les dattes.

La datte analysée présente une acidité de 0,21% (MF). Elle est en corrélation avec celle trouvée par (Djouab,2007) qui est de l'ordre de 2,4% et se situe largement dans la fourchette rapportée par *Al-Farsi et al.,(2005a)* qui est de l'ordre de 1,9 à 2,7%.

Les acides organiques bloquent la prolifération des microorganismes et influent beaucoup sur les qualités sensorielles des fruits (*Jadhav et Andrew, 1997 ; Siebert., 1995*).

La présence et la composition en acides organiques peuvent être affectés par divers facteurs comme la variété, les conditions de croissances, la maturité, la saison, l'origine géographique, la fertilisation, le type de sol, les conditions de stockages, le temps d'exposition au soleil et la période de récolte... (*Al-Farsi et al., 2005a ; Ahmed et al., 1995 ; Youssef et al., 1992*).

La teneur en azote total des dattes étudiées est de 0,40%(MF). Elle correspond à un taux de protéines de 2,51%MF qui est légèrement plus élevé que celui trouvé par Djouab (2007): 2,46%, pour la même variété et cette différence n'est pas très significative. Par contre, comparé au résultat donné par Boudraa (2004) : 1,09%, pour la même variété, cette différence est très importante et peut être due aux conditions climatiques.

Le taux de cendre représente la quantité totale en sels minéraux présents dans un échantillon. La valeur trouvée dans la datte est de 1,87%MS, cette valeur est légèrement élevée de celle donnée par Ait Ameer (2001) et Boudraa (2004) : 1,50% et 1,74% MS, respectivement pour la même variété. Djouab quant à lui rapporte la valeur de 2% (MS)

### VI. 3. Caractéristiques chimiques du jus d'orange.

Les valeurs obtenues sont réunies dans le tableauVI.3.

Tableau VI.3. Résultats des analyses physico-chimiques du jus d'orange

Paramètre	Vitamine C (mg /100g)	Degré Brix	Acidité (mg/100ml)	pH
Valeurs moyennes	59,8 ± 1,5	11,2 ± 0,2	1,26 ± 0,5	3,20 ± 0,4

Les résultats obtenus montrent que le jus d'orange est particulièrement riche en vitamine C 59,8mg/100g comparé aux résultats sur la variété Navelle 55mg/100g (Megdoud 2005). Par contre, nous constatons une légère baisse du Degré Brix, de l'acidité et du pH, respectivement de 11,2° Brix ; 1,26 mg/100ml et 3,20 comparés toujours pour la même variété dont les valeurs sont respectivement 13° Brix ; 1,32mg/100ml et 3,5. Les différences notées sont tributaires d'un grand nombre de facteurs,

parmi lesquels les variétés d'oranges, le climat, la nature du sol, la régie de fertilisation et le processus de maturation des fruits sont les plus importants (Hendrix et Redd, Ramana et al., 1981).

#### VI.4. Essais préliminaires d'immersion dans l'eau distillée

Les valeurs des trois paramètres ( $\Delta P/P$ ,  $(X_t - X_c)/(X_o - X_c)$ ,  $t / (X_t - X_o)$ ) en fonction du temps sont récapitulées dans le tableau VI.4. Ils permettent de caractériser le pouvoir de réhydratation du fruit de dattes.

Tableau VI.4. Influence du temps sur le pouvoir de réhydratation des dattes

Temps (min)	$\Delta P/P$ (%)	$(X_t - X_c)/(X_o - X_c)$	$t / (X_t - X_o)$
0	0	0,996	0
5	13,2	0,766	0,0061
10	16,65	0,737	0,01
15	19,9	0,704	0,0145
30	22,78	0,685	0,022
60	24,93	0,567	0,032
120	35,07	0,453	0,062
180	38,8	0,382	0,083
240	44,6	0,336	0,102
360	46,15	0,26	0,139
480	47,7	0,177	0,166
720	54	0	0,206
920	49,13	0,06	0,29
1200	48,65	0,077	0,373
1440	49,42	0,054	0,437

A partir des données de ce tableau sont tracées les courbes de variation des trois paramètres en fonction du temps (Figures VI.2, VI.3, VI.4, VI.5)

## 1<sup>er</sup> critère : Degré de réhydratation

### VI.4.1.1. Influence du temps sur le degré de réhydratation des dattes

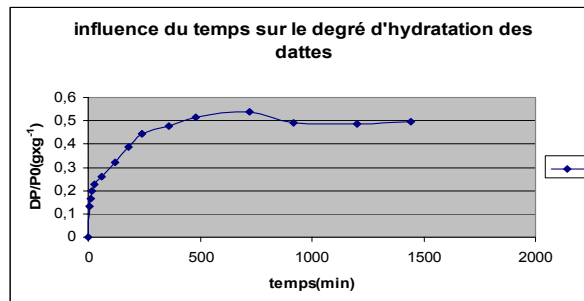


Figure VI.2 : Influence du temps sur le degré de réhydratation des dattes

Selon la figure VI.2 nous constatons que la datte est caractérisée par une forte intensité d'absorption durant les premières heures d'immersion avant de se stabiliser à la fin du processus correspondant à 8h d'immersion. L'absorption d'eau augmente avec la durée d'immersion.

- La courbe indique que l'absorption d'eau augmente avec la durée d'immersion. La datte est caractérisée par une forte intensité d'absorption durant les premières heures d'immersion avant de se stabiliser à la fin du processus correspondant à 8h d'immersion. Une étude similaire a été signalée par d'autres auteurs sur plusieurs produits alimentaires [Abou-Ghannam, 1998], [Peleg, 1988] et [Turhan et Coll., 2002]. Ce gain d'eau au cours du procédé apparaît corrélé avec les pertes en solides (Fig.VI.3), le °brix (Fig.VI.4), la conductivité (Fig.VI.5).et le pH (VI.6).

Pour modéliser cette cinétique, la courbe de variation du degré de réhydratation en coordonnées La valeur de  $R^2$  logarithmiques a été tracée en se servant de Microsoft Excel 2007 (Figure VI.6) (0.9858) indique la bonne adéquation de ce modèle. Ce résultat confirme celui déjà réalisé par Amellal et al. (2007). En fait ce modèle connu sous le nom de l'équation de Freundlich est utilisé dans le phénomène d'adsorption et dont la formule générale est :

$$y = bx^a \text{ ou encore } \log y = a \times \log x + \log b$$

### VI.4.1.1.1. Variation du degré de réhydratation en coordonnées logarithmiques

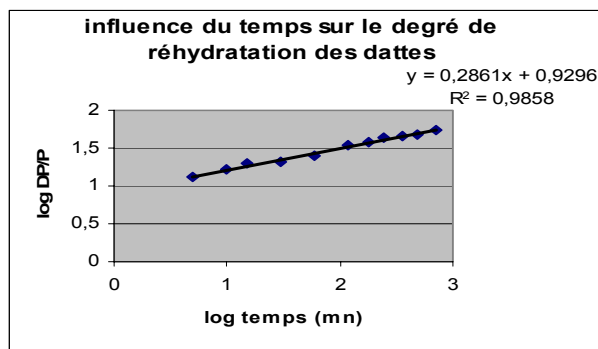


Figure VI.3. Influence du temps sur le degré de réhydratation en logarithme

### 2<sup>ème</sup> critère : Deuxième loi de Fick.

Utilisé pour l'analyse du processus de réhydratation, il est considéré que le transport du liquide vers le cœur du produit se fait essentiellement par la diffusion [Sanjuan, Bon, Clémente & Mulet, 2004].

Après transformation de la solution de la loi de Fick, on trace la courbe de variation de  $\log (X_t - X_c) / (X_e - X_c)$  en fonction du temps qui est donnée à la (figure IV.4) Cette dernière présente deux parties distinctes comme il est signalé déjà sur les pâtes alimentaires par Cunningham et al. ; (2007) Pour mieux analyser ces deux étapes de réhydratation, nous les avons présentées séparément (Figures VI.4<sub>1</sub> et VI.4<sub>2</sub>)

### VI.4.1.1.2. Variation de $\log (X_t - X_c) / (X_e - X_c)$ en fonction du temps

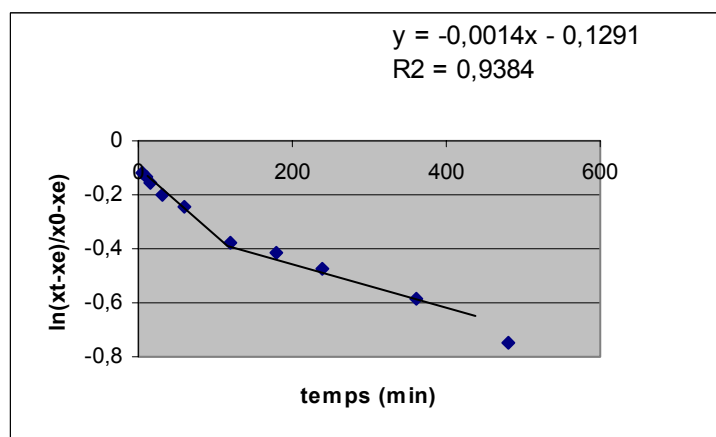


Figure VI.4 Courbe de variation  $\log (X_t - X_c) / (X_e - X_c)$  en fonction du temps

On distingue sur le graphe IV.4 deux étapes différentes dans la cinétique de réhydratation. Ce résultat est conforme à ceux trouvés par différents auteurs pour différents produits alimentaires. Dans les figures suivantes sont justement représentées séparément les deux sections dénommées  $d_1$  et  $d_2$  pour

une meilleure interprétation des résultats (Fig VI.4<sub>1</sub> et VI.4<sub>2</sub>). On en déduit les valeurs de la constante  $k = D\beta_2 / (b-a)^2$ .

Nous en avons déduit deux constantes  $k_1 = 0.0022 \text{ min}^{-1}$  (pour la première étape) et  $k_2 = 0.0011 \text{ min}^{-1}$  (pour la seconde étape). On constate donc que  $k_1 = 2k_2$ .

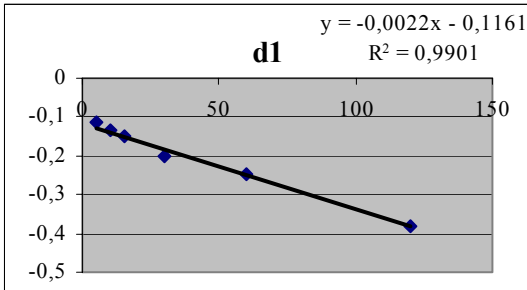


Fig VI.4<sub>1</sub>

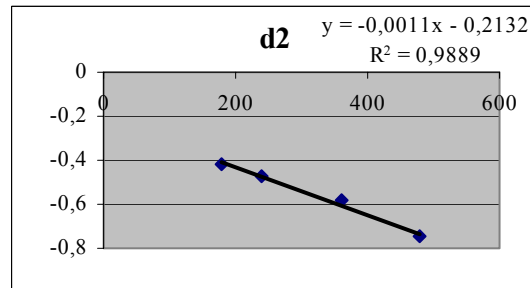
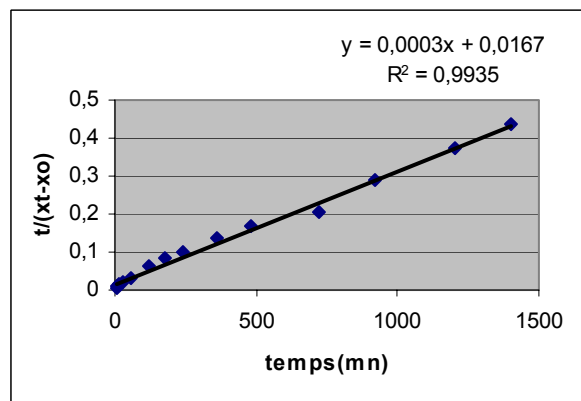


Fig VI.4<sub>2</sub>

### 3<sup>ème</sup> critère : Equation de Peleg

La courbe représentative donnée par la loi de Peleg est représentée sur la Figure VI.5  
 VI.4.1.1.3. Application de l'équation de Peleg dans l'expérimentation de la réhydratation des dattes

Les résultats trouvés sont donnés sous forme de courbe illustrée par la figure VI.5



**Fig : VI.5 Application de l'équation de Peleg dans l'expérimentation de la réhydratation des dattes**

#### VI.4.2 Influence du temps sur quelques caractéristiques finales de la solution

Les valeurs trouvées pour le degré Brix les pertes en solides la conductivité et le pH sont données dans le tableau VI.5

**Tableau VI.5 Caractéristiques finales de la solution en fonction du temps**

Temps (min)	Degré Brix (g x 100g <sup>-1</sup> )	Pertes en solides %	Conductivité ( $\mu\text{s.m}^{-1}$ )	pH
0	0	0	0,09	6,6
5	1	0,96	7	6,55
10	1,2	1,35	8,5	6,48
15	1,8	1,9	9,67	6,37
30	3,1	2,24	12,98	6,3
60	3,7	2,64	16,2	6,23
120	6,8	3,79	22,36	6,17
180	7,5	4,8	26,25	6,1
240	8,9	5,76	29,32	6,07
360	10,3	7,16	33,21	6,05
480	11,9	8,55	38,4	6,04
720	15,5	10,32	42,8	6,02
920	17,5	9,55	38,6	6,10
1200	17,8	9,48	38,5	6,16
1440	18	9,72	38,9	6,24

A partir des données de ce tableau sont tracées les courbes de variation des ces paramètres en fonction du temps (Figures VI.6, VI.7, VI.8, VI.9)

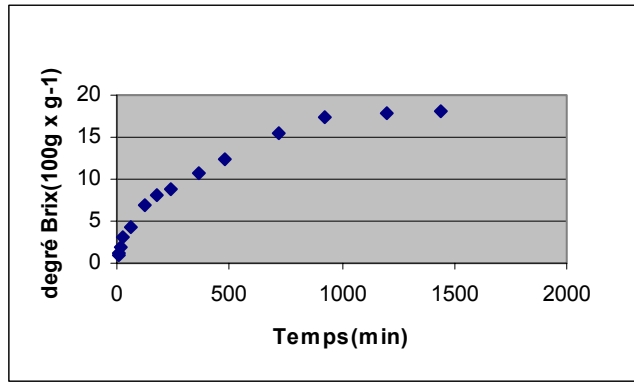


Fig : VI.6 Influence du temps sur les cinétiques de variation du degré Brix

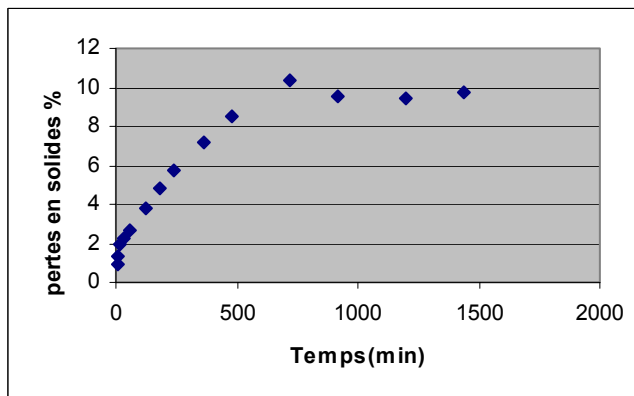


Fig : VI.7 Influence du temps sur les cinétiques de variation des pertes en solides

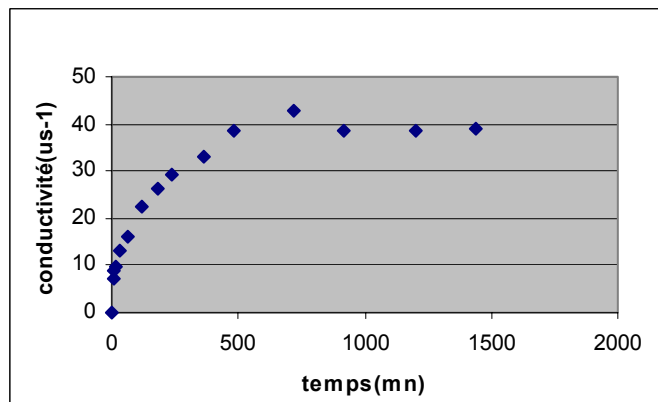


Fig : VI.8 Influence du temps sur les cinétiques de variation de la conductivité



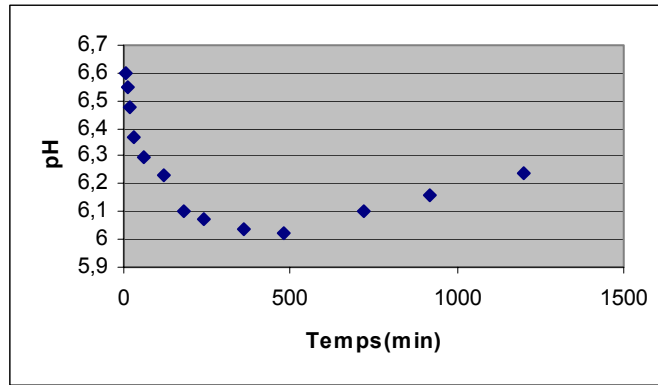


Fig : VI.9 Influence du temps sur les cinétiques de variation du pH

On remarque que le temps nécessaire pour atteindre l'équilibre de diffusion est de 12h, pour tous les indices étudiés. Quant au pH, tout en restant dans l'intervalle [6.02 - 6.6], on observe une diminution selon la même allure mais avec des coefficients de l'équation (décrivant la cinétique) très faibles (voir tableau VI.13). Ceci peut s'expliquer par la faible différence dans les pH des deux phases.

Le traçage des courbes dans les coordonnées logarithmiques (Figures : VI.10, VI.11, VI.12, VI.13) ont permis de vérifier que le modèle appliqué pour le degré de réhydratation est ici valable aussi pour tous les paramètres étudiés. (Figures : VI.10, VI.11, VI.12, VI.13)

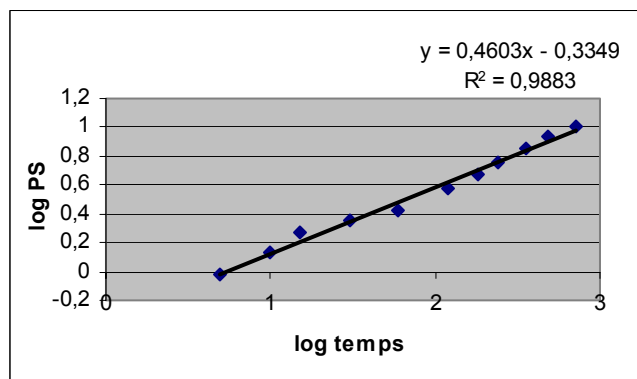


Fig : VI.10 Variation des pertes en solides (PS) de la phase liquide en fonction du temps (h) en coordonnées logarithmiques: rapport dattes/liquide = 1/3, à 20°C

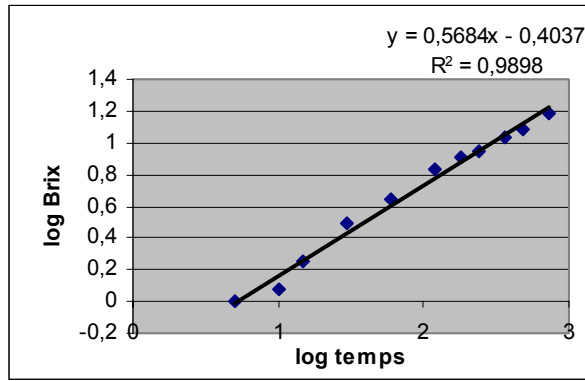


Fig : VI.11 Variation du degré brix de la phase liquide en fonction du temps (h) en coordonnées logarithmiques: rapport dattes/liquide = 1/3, à 20°C

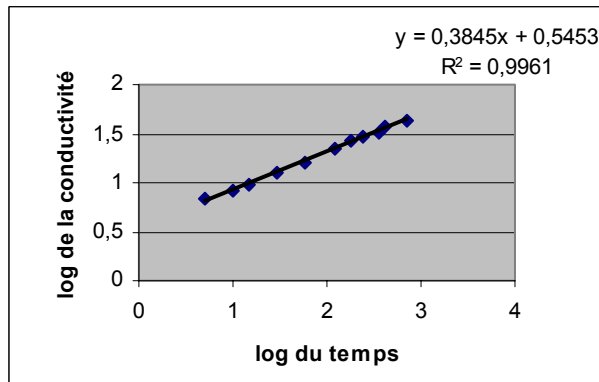


Fig : VI. 12 Variation de la conductivité (C) de la phase liquide en fonction du temps (h) en coordonnées logarithmiques: rapport dattes/liquide = 1/3, à 20°C

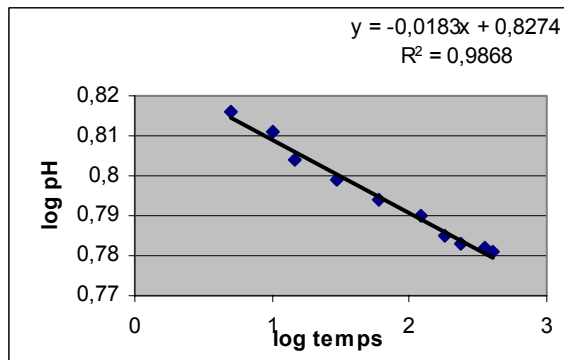


Fig : VI. 13 Variation du pH de la phase liquide en fonction du temps (h) en coordonnées logarithmiques: rapport dattes/liquide = 1/3, à 20°C

Le tableau VI.6 récapitule les coefficients du modèle ainsi que le coefficient de détermination ( $R^2$ ) et l'erreur relative moyenne (EMR) (mean relative error en anglais) pour tous les paramètres étudiés.

**Tableau VI.6. Coefficients (*a*) et (*b*) du modèle ainsi que le coefficient de détermination ( $R^2$ ) et (EMR) pour tous les paramètres étudiés.**

paramètres	<i>a</i>	<i>b</i>	$R^2$	EMR
Degré Brix	0,57	-0,39	0,9898	4,7%
Pertes en solides	0,46	-0,33	0,9883	4,7%
Conductivité	0,38	0,55	0,9961	1,52%
$\Delta P/P$	0,29	0,93	0,9858	4,7%
pH	0,02	0,82	0,9868	4,7%

Les valeurs du coefficient *a* indiquent que les intensités de variation des différents paramètres sont différentes et croissent dans le sens °Brix > Pertes en solides > Conductivité > pH >  $\Delta P/P$ .

## VI. 5. L'immersion dans le jus d'orange

L'immersion préliminaire dans l'eau nous a permis de vérifier le pouvoir de réhydratation des tissus de dattes (environ 50% à l'équilibre en 12 heures de temps). Toutefois au delà de 12 heures, le fruit commence à perdre de sa texture, le délitement devenant visible à l'œil nu. D'un autre côté, il a été montré une bonne tenue à l'immersion du fruit de dattes immergé dans un jus de citron pur et/ou dilué (Ait-Ameur, 2001). C'est la problématique posée dans le chapitre qui suit.

Nous rappelons que la méthodologie suivie dans la présente étude est celle décrite par les plans d'expériences. Les résultats obtenus sont portés dans les tableaux : VI.7, VI.8, VI.9.

### VI.5.1 Application des plans d'expériences :

Le tableau VI.7 représente la matrice d'expériences.

**Tableau. VI.7. Matrice d'expériences**

n° de L'essai	Facteur 1 (température)	Facteur 2 (temps)	Facteur 3 (milieu)	$\Delta P/P$ (%)	Degré Brix	Texture (Force de rupture, N)
1	-	-	-	0,211	4,63	2,576
2	+	-	-	0,224	5,03	1,633
3	-	+	-	0,499	16,63	0,64
4	+	+	-	0,521	20,83	0,275
5	-	-	+	0,195	12,0	2,782
6	+	-	+	0,215	12,90	1,805
7	-	+	+	0,483	21,5	0,864
8	+	+	+	0,507	28,0	0,345

Niveau -	5°C $\pm$ 3	30 min	10% jus d'orange 90% d'eau
Niveau +	45 ° $\pm$ 3	24 heures	90% jus d'orange 10% d'eau

D'après le tableau VI.7, l'essai n° 3 nous semble le meilleur puisque il présente :

- Un degré d'hydratation maximum
- Un degré Brix à la limite du niveau inférieur donné par certains auteurs (Espiard, 2002).
- Une texture appréciable proche de celles des fruits au sirop commerciaux que nous avons pris comme référence (voir annexe I) :

Ananas : 1,24 (N)

Papaye : 0,63 (N).

Ces deux valeurs se situent dans l'intervalle que nous avons obtenu pour notre essai.

Rappelons que la texture de la datte sèche (avant traitement) est de  $3.66 \pm 0.6$  (N).

Les effets calculés sont récapitulés dans le tableau VI.8.

**Tableau VI.8 Matrice des effets**

N° de L'essai	Moy	Fact(1) (t °)	Fact(2) temps	Fact(3) milieu	Inter 12	Inter 13	Inter 23	Inter 123	ΔP/P (%)	°Brix	Texture (N)
1	+	-	-	-	+	+	+	-	0,211	4,63	2,576
2	+	+	-	-	-	-	+	+	0,224	5,03	1,633
3	+	-	+	-	-	+	-	+	0,499	16,63	0,64
4	+	+	+	-	+	+	-	-	0,521	20,83	0,275
5	+	-	-	+	+	-	-	+	0,195	12,0	2,782
6	+	+	-	+	-	-	-	-	0,215	12,90	1,805
7	+	-	+	+	-	+	+	-	0,483	21,5	0,864
8	+	+	+	+	+	+	+	+	0,507	28,0	0,345

Diviseur	8	8	8	8	8	8	8	8
----------	---	---	---	---	---	---	---	---

°Brix	15.19	1.50	6.55	3.40	3.40	0.35	0.40	0.23
ΔP/P	0.357	0.010	0.146	-0.007	0.00	0.00	0.00	0.00
Texture	1.37	-0.35	0.83	0.08	0.13	-0.01	-0.01	-0.02

La matrice des effets est donnée dans le tableau VI.8. On voit que tous les effets sont positifs dans le cas du degré Brix. De plus, il existe une interaction négative dans le cas du gonflement et de la texture. En revanche les interactions sont nulles dans le cas du gonflement.

Nous aborderons maintenant la dernière étape qui consiste à estimer l'erreur SE que l'on commet sur la détermination de l'effet E et de l'interaction et comparons cette valeur sur l'effet lui-même.

Les résultats de la dernière étape sont donnés dans le tableau VI.9.

**Tableau VI.9 : Tableau des effets**

	Gonflement		°Brix		Texture (N)	
	E+Int	SE	E +Int	SE	E + Int	SE
Moyenne	0,357	± 0,0015	15,18	± 0,05	1,37	± 0,03
1	0,01	± 0,0015	1,5	± 0,05	-0,35	± 0,03
2	0,146	± 0,0015	6,55	± 0,05	-0,83	± 0,03
3	-0,007	± 0,0015	3,40	± 0,05	0,08	± 0,03
12	0,00	± 0,0015	1,18	± 0,05	0,13	± 0,03
13	0,00	± 0,0015	0,35	± 0,05	-0,02	± 0,03
23	0,00	± 0,0015	-0,4	± 0,05	-0,01	± 0,03
123	0,00	± 0,0015	0,23	± 0,05	-0,02	± 0,03

### VI.5.3. Modélisation mathématique

Les modèles obtenus pour chacune des réponses, sont de la forme:

Gonflement :

$$Y = 0.357 + 0.010 X_1 + 0.146 X_2 - 0.007 X_3$$

Texture:

$$Y = 1.37 - 0.35 X_1 - 0.835 X_2 + 0.08 X_3 + 0.13 X_1 X_2$$

Degré Brix :

$$Y = 15.19 + 1.50X_1 + 6.55X_2 + 3.40X_3 + 1.18X_1X_2 + 0.35X_1X_3 - 0.40X_2X_3 + 0.23X_1X_2X_3$$

Il s'ensuit que :

- Dans le cas du gonflement, nous pouvons dire que les trois (3) variables à savoir ,température, temps et milieu sont significatifs car les valeurs de ces effets sont inférieurs à l'erreur de mesure qui est de 0,0015.
- Concernant la texture tous les facteurs ainsi que l'interaction (1.2) ont un effet influent. (erreur de mesure = 0,05)
- Pour le degré Brix, tous les facteurs et toutes les interactions liés aux paramètres sont influents. (erreur de mesure = 0,03)

### **VI.6 Stabilisation thermique des fruits au sirop obtenu**

La photo VI.4, montre la photographie du produit fini après traitement de stabilisation.



Photo VI.4 : Photographie du produit fini conditionné et pasteurisé (bocal en verre)

## VI.6 .1 Résultats des caractéristiques microbiologiques

Le tableau VI.10 nous donne le nombre de colonies (germes totaux, levures et moisissure) par ml du sirop auto induit. Les dilutions ont été estimées au nombre de 5 fois.

**Tableaux: VI.10 Résultats des analyses microbiologiques (Colonies /ml).**

Produit	Germes totaux	Levures	Moisissures
Fruits de dattes au sirop	0	0	$2 \cdot 10^3$

Le tableau VI.10 montre un taux de germes totaux, de levures et de moisissures conforme aux normes préconisées (pour les produits secs) par l'arrêté de juillet 1994 relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires:

$M = 10^4$  moisissures par ml

$M = 10^3$  levures par ml

M : étant le seuil maximal d'acceptabilité au delà duquel les résultats ne sont plus considérés comme satisfaisants, sans pour autant que le produit soit considéré comme toxique. Ces données nous permettent de dire que notre produit présente une bonne qualité microbiologique et que la pasteurisation (à 78°C pendant 10 min) a été efficace (voir annexe II). En effet, Benahmed (2007) analysant la qualité microbiologiques des dattes Mech-Degla trouve que ces dernières présentent une qualité bactériologique acceptable : levures 220 colonies/ml ; moisissures  $15 \cdot 10^3$  colonies/ml et germes totaux inexistants.

## VI.7 Analyse sensorielle (observation visuelle, microscopique et test de dégustation) :

### • Observation visuelle

Nous rappelons que la texture a été analysée instrumentalement et les résultats (la déformation) sont montrés dans la matrice des expériences (tableau VI.7).

Concernant l'aspect visuel, la photo VI.5, montre une photographie du fruit de dattes traité et non traité. Il est clair de distinguer visuellement l'efficacité des traitements appliqués. On remarque une prise de poids du fruit après immersion et après pasteurisation.

Les deux traitements (immersion et pasteurisation) paraissent améliorer et sauvegarder la fermeté du tissu fruité.



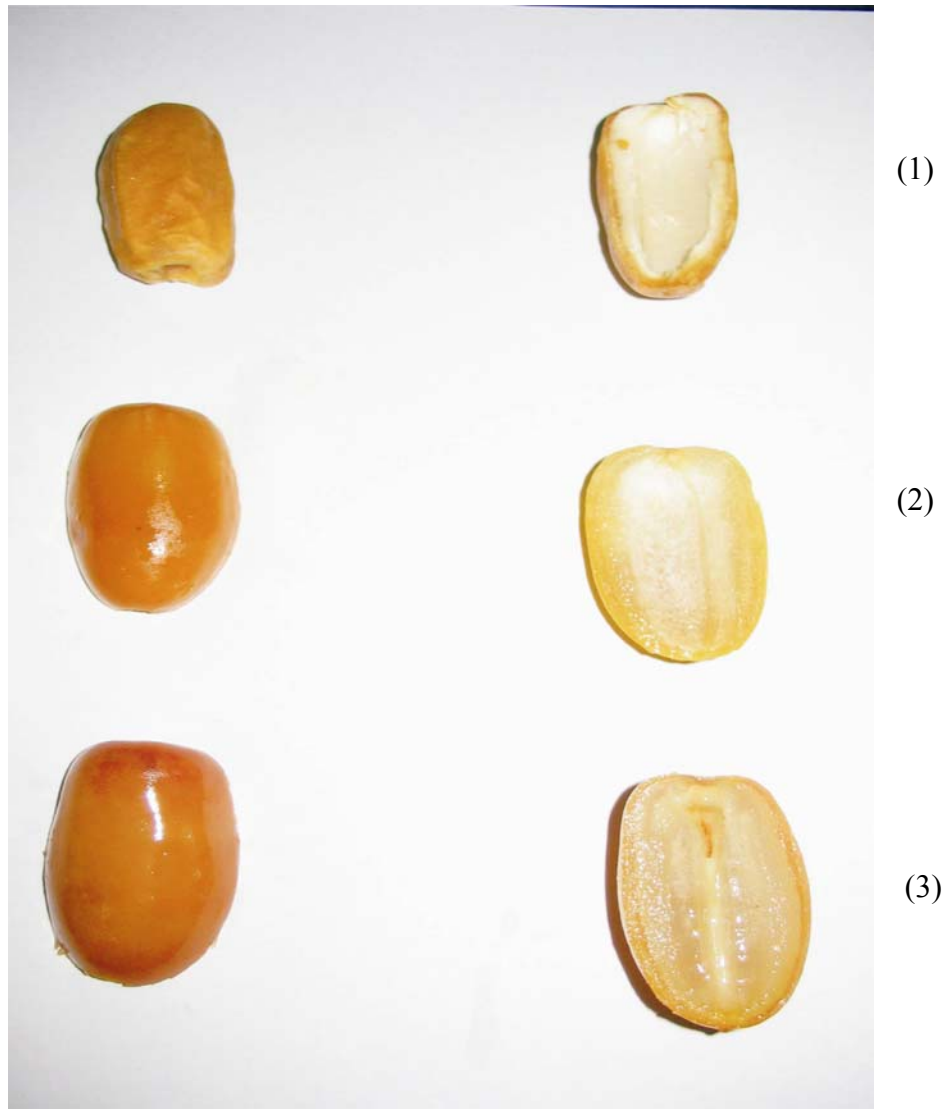


Photo:VI.5. Photographie du fruit de dattes

- (1) Avant immersion
- (2) Après immersion et avant pasteurisation
- (3) Après pasteurisation

- **Observation microscopique**

Une coupe microscopique sur le tissu du fruit avant et après immersion (Essai N° 3) est montrée par la figure VI.14 et VI.15, d'où il est aisé de distinguer les cellules plasmolysées du tissu initial et les cellules en turgescence de la pulpe après immersion.



Figure (VI.14)

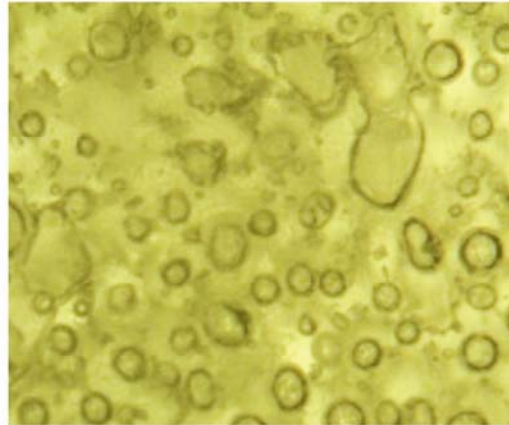


Figure (VI.15)

Figure (VI.14) : Coupe transversale du tissu de datte initial

Figure (VI.15) : Coupe transversale du tissu de datte en immersion

- **Test de dégustation**

Le test de dégustation a été réalisé sur un échantillon correspondant à l'essai N°3 lequel nous a semblé le meilleur (voir paragraphe :VI.5.1. Application des plans d'expériences). Le critère analysé est la saveur.

Les résultats de l'évaluation du test de dégustation sont portés dans le tableau (VI.11), puis représentés sous forme d'histogramme graphique (Figure:VI.16)

**Tableau VI.11 Evaluation sensorielle**

Saveur	Note
Extrêmement désagréable	0
. Très désagréable	0
désagréable	0
Assez désagréable	0
Ni désagréable ni agréable	5
Assez agréable	12
<i>Agréable</i>	18
Très agréable	8
Extrêmement agréable	7

**VI.7.1. Histogramme graphique**

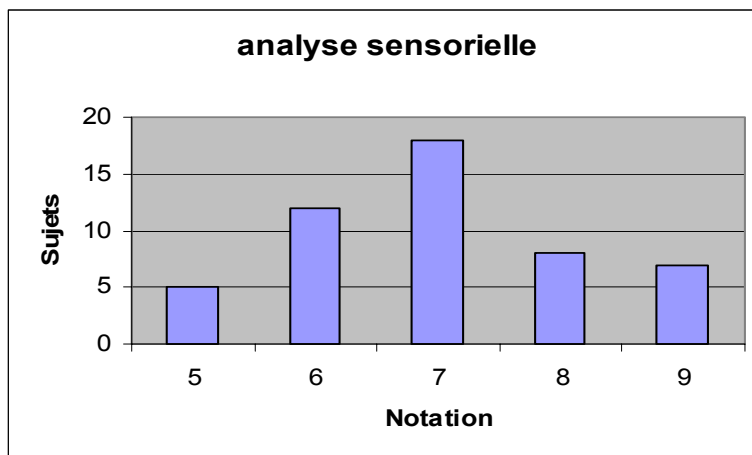


Figure VI.16: Histogramme graphique d'évaluation sensorielle

D'après les résultats obtenus nous pouvons dire que la valeur N°7 est la valeur qui représente la note agréable.

## VI.7.2. Statistiques élémentaires :

Moyenne arithmétique  $\bar{X} = 7$

$\sqrt{20.9}$  Ecart-type  $\sigma =$

Variance  $\sigma^2 = 20.9$

Avec ces valeurs statistiques, on calcule l'intervalle de confiance soit : [6.40 - 7.60]. Ce qui revient de dire qu'il y a 95 chances sur 100 que la note moyenne pour le même descripteur soit située entre (6.40 et 7.60) si l'on reteste le même produit avec un autre panel de la même taille.

# **Conclusion**

## Conclusion

Le présent travail a réuni la caractérisation physico-chimique de la datte sèche de la variété Mech-Degla et celle du jus d'orange qui s'avère acceptable. Les résultats obtenus pour la datte ont révélé une humidité  $< 15\%$  (matière sèche). Cette valeur favorise la conservation de la datte sèche qui peut aller jusqu'à une année si les conditions sont favorables.

Quant au jus d'orange, il révèle une teneur assez élevée en vitamine C :  $59\text{mg}/100\text{g}$  et un pH de 3,20. Ces deux produits sont complémentaires l'un et l'autre et peuvent être considérés comme ingrédients composites naturels dans les industries alimentaires.

En effet l'objectif de notre travail porte sur la mise au point d'une formulation de type « dattes sèches dans leur sirop auto induit » au moyen du procédé de réhydratation- imprégnation par immersion dans du jus d'orange. L'étude a été réalisée en suivant la méthodologie décrite par les plans d'expériences. Les facteurs étudiés sont la température, le temps et le milieu, les réponses étant : le degré Brix, le degré de réhydratation et la texture.

Les résultats obtenus au cours de cette étude rapportent que le jus d'orange quelque soit le niveau de dilution implique une texture ferme contrairement à l'eau qui induit une délitescence de la pulpe.

La meilleure réponse est l'essai n° 3, obtenue avec une température avoisinant les  $8^{\circ}\text{C}$ , un temps de 24 heures (max), et un milieu dilué à  $90\%$  (matrice des expériences de la page 65).

Car il présente :

- Un degré d'hydratation maximum  $\Delta P / P = 0.5$  ou  $\Delta P / P \times 100 = 50\%$ .
- Un degré Brix du sirop auto induit de  $17\%$  qui est à la limite du niveau inférieur préconisé par certains auteurs qui donne un goût sucré agréable.
- Une bonne texture : une force de déformation de  $0.64\text{ N}$  (comprise entre les valeurs  $0,66\text{ (N)}$  et  $1, 24\text{ (N)}$  trouvées pour papaye et ananas respectivement).
- Une coupe microscopique (voir photo page 71) a mis en évidence une bonne aptitude à la réhydratation de la datte sèche laquelle présente des cellules plasmolysées qui gonflent (en turgescence) après immersion.
- Un test de dégustation effectué sur le produit obtenu permet de faire ressortir la saveur agréable représentée par la note moyenne de  $7/9$  avec un intervalle de confiance de :  $[6.40 - 7.60]$ .
- Le test de stabilisation a mis en évidence la bonne résistance de la pulpe au traitement (voir photos, page 70) rendant compte de l'aspect du fruit après immersion et après pasteurisation)) ainsi qu'une bonne qualité bactériologique (conforme aux normes).

Enfin, nous préconisons un approfondissement de la présente étude dans le cadre d'une thèse de doctorat pour une optimisation du traitement de pasteurisation tout particulièrement suivi d'une analyse microbiologique.

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

- Abu-Ghannam N., et Mc Kenna B. (1997b)**. The application of Peleg's equation to model water absorption during the soaking of red kidneybeans. *Journal of Food Engineering*, 32, 391-401
- Acourene S., et Tama M. (1997)**. Caractérisation physicochimique des principaux cultivars de datte de la région des Zibans. *Recherche Agronomique*, 1, 59-66.
- Acourene S., Buelguedj M., Tama M., Taleb B. (2001)**. Caractérisation, évaluation de la qualité de la datte et identification des cultivars rares de palmier dattier de la région des Zibans. *Recherche Agronomique*, 8, 19-39.
- Adrian j., Legrand G., France R. (1981)**. Dictionnaire de biochimie alimentaire. Techniques et documentation, 216-218.
- AFNOR, (1986)**. Fruits et Légumes. Vocabulaire.
- **AFNOR, (1982)**. Recueil de normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes, jus de fruits. Ed. AFNOR, 325 p.
- Ahmed I.A., Ahmed A.W.K., Robinson R.K . (1995)**. Chemical composition of date varieties as influenced by the stage of ripening. *Food Chemistry*, 54, 305-309.
- Ait Ameur L. (2001)**. Analyse du processus de diffusion des sucres, des acides organiques et de l'acide ascorbique dans le système : Mech-Degla/Jus de citron. Mémoire de magister. Département de technologie alimentaire. Boumerdes, 28-80
- Albrigo L.G., Carter D. ( 1970)**. Citrus science and technology. Ed Nagy.,
- Al-Shahib W., Marshall R. J. (2003)**. The fruit of the date palm: its possible use as the best food for the future. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 54, 247-259. [Abstract].
- Al-Farsi M., Alasalvar C., Morris A., Baron M., Shahidi F. (2005)**. Comparison of antioxidant activity, anthocyanins, caroténoids, and phenolics of three native fresh and sun-dried date (*Phoenix dactylifera L.*) Varieties grown in Oman. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 7592-7599.
- Amellel H., Ait-Ameur L., Benamara S., et Noui Y. (2007)**. Treatment of Mech-Degla date by immersion in the citrus juices.
- Andrieu J., Stamatopoulos A. (1986)**. Durum wheat pasta drying kinetics. *LWT – Food Science and Technology*. 19: 448 - 456.
- AOAC. (1990)**. Association of Official Analytical Chemists (N°. 934.06) Arlington, VA.)



- Arrêté ministériel du 17 Novembre (1992).** Norme pour les variétés communes fixée par le ministère de l'agriculture .
- Arrêté officiel, (1993). arrêté du 23 Juillet, (1994).** Relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires CAQCE imprimerie officielle. 315-320.
- Azzouz M., Naghnagh L. (1995).** Influence du stockage sur les jus- Mémoire fin d'étude INA. -
- Belguedj M. (1996) .**Caractéristiques des cultivars de dattiers du sud-Est du Sahara Algérien, vol.1, conception et réalisation : filière « cultures pérennes » de » L'ITDAS El-Harrach.
- Benahmed A. (2007).** Etude et optimisation d'un processus de fabrication traditionnelle du vinaigre à partir de deux variétés de dattes communes cultivée dans le sud Algérien. 68-70. Memoire de magistere.
- Benahmed A., Benamara S., Agougou A. (2003).** Technologie des industries agro-alimentaires, production des jus. Mémoire d'Ingénieur.
- Benamara S., Gougam H., Amellal H., Djouab A., Benahmed A., et Noui Y. (2008).**
- Some technologic proterties of common date ( phoenix Dactiliféra L.) Fruits.
- American Journal of Food Tecdhnology. 3(2): 79-88,2008-02-29
- Benamara S., Chibane H., Boukhelifa M. (2004).** Essai de formulation d'un yaourt naturel aux dattes. *Industries Alimentaires et Agricoles IAA*. Actualités techniques et scientifiques, N° ½ mensuel, 11-14.
- Beton J.C., Brochard G. (1993).** Paris : L'aventure de l'orange. 19-45.
- Bocquet J.(1982).**Généralités sur les microorganismes, Ed Tec et Doc Lavoisier, Paris, 11-46
- Boileau C.H., Giordan L. (1980).** La culture des agrumes. Rd Tacussel. Marseille.
- Booij I., Piombo, G., Risterucci J.M., Coupe M., Thomas D., Ferry M. (1992).** Etude de la composition chimique de dattes à différents stades de maturité pour la caractérisation variétale de divers cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*). *Fruits*, 47 (6), 667-678.
- Boudrâa S. (2004).** La production de biomasse "*Saccharomyces cerevisiae*" cultivée sur un milieu à base de datte variété sèche "Mech-Degla". Mémoire d'Ingénieur. Département d'agronomie.Batna, 60
- Boughnou N. (1988).** Essai de production de vinaigre à partir de déchets de dattes. Thèse magister, INA. El Harrach, Alger, 82 p.
- Bouguedoura N.( 1991).** Connaissance de la morphogenèse du palmier dattier. Etude in situ et in vitro du développement morphogénétique des appareils végétatifs et reproducteurs. Thèse de Doctorat. U.S.T.H.B. Alger, 201 p.
- Bourgeois C. (2003).** Les vitamines dans les industries agroalimentaires. Ed. Tech et Doc- Lavoisier, Paris, 483 p.

- Brit DF. (1989).** Effects of the intake of selected vitamins and minéraux on cancer prévention Magnésium, 8. PP: 17-30.
- Cheftel J.C., et al. (1976).** Introduction à la biochimie et technologie alimentaire. Vol : I, 4<sup>me</sup> tirage. Ed. Tech et Doc-Lavoisier, Paris, 367 p.
- Crank J. (1975).** J.Crank the mathematics of diffusion (2 nd ed) Clarendon.Press, Oxford, UK . 69-88.
- Crandall P.G., Matthews R.F., Baker R.A. (1983).** Citrus beverage clouding agents- review and status. Food Technol, 37. 106-109.
- Cunnigham S.E., W.A.M. McMinn., T.R.A. Magee & P.S. Richardson . (2007).** Modelling water absorption of pasta during soaking. Journal of Food Engineering vol, 82, 600-607
- Djerbi M. (1994).** Précis de phoéniculture. FAO, 192 p.
- Djouab A. (2007).** Contribution à l'identification des constituents mineurs de la date Mech-Degla. 75- 77.80.81.
- Djomdi E. R., Ndjouenkeu R. (2007).** Soaking behaviour extraction performance of tiger nuts tubers. Journal of Food Enginnerig. 78 (2): 546-550.
- El Hooti S., Sidhu J. S., Qabazard H. (1997).**  
: Physico-chemical characteristics of five date fruit cultivars grown in the united Arab emirates, Kumar academic publishers, printed in the Netherlands. *Plant foods for human nutrition.* 50, 101-113.
- Espiard E. (2002).** Introduction à la transformation industrielle des fruits. Ed. Tech et Doc-Lavoisier, 147-155.
- Estanove P. (1990).** Note technique : Valorisation de la datte. In Options méditerranéennes, série A, N°11. Systèmes agricoles oasiens. Ed. CIHEAM, 301-318.
- Falade K.O., et E.S Abbo. (2003).** Air drying and réhydratation characteristics of date palm (*Phoenix dactilifera L.*) fruits. J.Food Eng, 79: 724-730
- FAO. (2005).** Major Food and agricultural commodities and Producter.
- Fizman, S.M., Lluch M.A., Salvador A. (1999).** Effect of addition of gelatine on microstructure of acidic milk gels and yoghurt and on their rheological properties. *International Dairy Journal*, 9, 895-901
- Garcia P., Sanjuan N., Melis R., Mulet A . (2006).** Morchella esculenta réhydratation proceses modelling. Journal of Food Engineering. 72. 346-350
- **Guattieri M., Rapaccini S.(1994).** Date stones in broiler's fe-
- **Herault H.M . (1989).** Valorisation des produit alimentaires locaux , 350  
eding. In Technologie de la datte. Ed. GRIDAO, 35 p.
- **Goupy J. ( 2001).** Introduction aux plans d'expériences, 21-53
- Hanachi S., Khitri D., Benkhalifa A., Brac de Perrière R.A. (1998)** Inventaire variétal de la palmeraie algérienne. 225 p.

- Hebbar H.U., et N.K Rastogie.(2001).** Mass transfert during infrared drying of cashew kernel. J.Food Eng. 47: 1-5.
- Herault H.M .( 1988).** Valorisation des produit alimentaires locaux , 350
- Jadhav S. J., Andrew W.T. (1977).** Effets of cultivars and fertilizers on non-volatile organic acids in potato tubers. Canadian Institute of Food Science and Technology Journal. 10, 13-21.
- Jiokap Nono Y., Bertin G.N., Raoult-Wack A.L., Giroux F. (2000).** Desyhydratation-imprégnation par immersion de rondelles de mangue : Influence de la température et de la concentration de la solution sur les cinétiques de certains éléments constitutifs du fruit.vol, 56, 169-177.
- Kolawole O., Falade E., Abbo S. (2007).** [Air-drying and rehydration characteristics of date palm \(\*Phoenix dactylifera L.\*\) fruits](#) .*Journal of Food Engineering, Volume 79, Issue 2, 724-730*
- Khalil K.E., Abd-El-Bari M.S., Hafiz N.E., Ahmed E.Y.( 2002).** Production, Evaluation and utilization of Date Syrup Concentrate (Dibis). *Egypt. J. Food Sci*, 30, 2, 179-203.
- Khenfar B. (2004).** Contribution à l'étude de quelques caractéristiques morphologiques de quatre cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*) dans la région de droh (Wilaya de Biskra)
- Kato I., Akhmedkhanov A., Koenig L., Shore PG., Riboli D. (1997).** Prospective study of died and female colorectal cancer: the New cancer: the New ork University Women's health dtudy. *Nutr Cancer*. 28: 276-281.
- Larpent S., Gourgard P. (1985).** Elément de microbiologie, collection enseignement des sciences, édition HARMANN. 78- 80
- Lee K.T., Farid M., & Nguang S.K. (2006).** The mathematical modelling of the réhydratation characteristics of fruits .*Journal of Food Engineering*. 57(1), 1-7
- Maskan M. (2001).** Effet of maturation and processing on water uptake characteristics of weat. *Journal of Food Engineering* .47: 51-57.
- Maskan M. (2002).** Effet of processing on hydration kinetics of three weat products of the same variety. . *Journal of Food Engineering*. 52 : 337\_341.
- Matallah M. (1970).** Contribution à la valorisation de la datte algérienne. Mémoire d'Ingénieur, INA. El-Harrach, 113
- Matallah M. (2004).** Contribution à l'étude de la conservation des dates variété Deglet-Nour : Isotherme d'adsorption et de désorption. Mémoire d'Ingénieur, INA. El-Harrach, 79
- Megdoud D. (2005).** Elaboration d'une boisson nutritionnelle tri composée à base de carotte-orange-tomate. 68-69.
- Le Meste M., Colas B. (1990).** L'eau dans les procedés de transformation et de conservation des aliments, les cahiers de l'ENS BANA n°7, Tec et Doc, 270

- Meligi M.A., Sourial G.F.(1982)**. Fruit quality and general evaluation of some Iraqi date palm cultivars grown under conditions of barrage region. Ed : First symposium on the date palm, Saudi-Arabia, 23-25 March, 212-220
- Mohammed S., Shabana H. R., Mawloud E. A. (1983)**. Evaluation and identification of Iraqi date cultivars. Fruits characteristics of fifty cultivars, 2, 27-55.
- kra). Mémoire d'Ingénieur. Département d'agronomie. Batna, 87 p.
- Mori H., Morishita Y., Mori Y., Yoshimi N., Sugie., Tanaka T. (1992)**. Effect of magnesium Hydroxid on Methylazoxy methanol Acetate-Induced Epithelial Proliferation in the large bowels of Rats. 62, 43-48.
- Munier P. (1973)**. Le palmier dattier. Ed. Maisonneuve, Paris, 221 p.
- Newel Mac., Farlane J. (1988)**. Expanded tables for multiple comparaison procedure in the analysis of ranked data- journal of food science, 52. 1721 – 1725.
- Nguyen M. H., Price W. E. (2007)**. Air-drying of banana: Influence of experimental parameters, slab thickness, banana maturity and harvesting season. *Journal of food Engineering*, 79, 200-2007.
- Ould El Hadj M.D., Sebihi A.H., Siboukeur O. (2001)**. Qualité hygiénique et caractéristique physico-chimique du vinaigre traditionnel de quelques variétés de dattes de la cuvette de Ouargla. *Revue Energie Renouvelable : Production et valorisation Biomasse*, 87-92.
- Peleg M. (1988)**. An empirical model for description of moisture sorption curves. *Journal of Food Engineering*. 53(4), 1216-1219.
- Robert J., Braddok A. (1999)**. Handbook of citrus, by products and processing technologie. 103-105.
- Sawaya W.N., Khalil J.K., Safi W.M., Al-Shalat A. (1983)**. Physical and Chemical Characterization of Three Saudi Date Cultivars at Various Stages of development. *Can. Ins. Food Sci. Technol. J.* 16, 2, 87-93.
- **Sanjuan N., Bon J., Clemente G., and A. Mulet. (2004)**. Changes in quality of dehydrated broccoli florets during storage, *Journal of Food Engineering* 62 (2004),.15–21.
- Siboukeur O. (1997)**. Qualité nutritionnelle, hygiénique et organoleptique du jus de dattes. Thèse Magister, INA. El-Harrach, Alger, 106
- Steele BT., Murphy N., et al. (1982)**. An outbreak of hémolytic uremic syndrome associated with ingestion of fresh apple juice. *J Pediatr*, 101, 963-965.
- Sources CNUCED : .2007**.données statistiques de l'Organisation des Nations Unis pour l'Alimentation et l'Agriculture.
- Sources RAAPCE: 2007**. Revue de l'Agence Algérienne de Production du Commerce Extérieur.
- Sopade P.A., & Obekba J.A., (1990)**. Modelling water absorption soybean.cowpea and peanuts at three températures using Peleg's équation.*journal Food science*, 55(4), 1084-1087.

- Sopade P.A., Ajisegiri E. S., et Badau M. H. (1992).** The use of Peleg's equation to model water absorption in some cereal grains during soaking. *Journal of Food Engineering*. 15 : 269\_283.
- Suscheter M., Astorg P. (1996).** Vitamine A, caroténoïdes et cancer. In : Riboli E et al., *Alimentation et Cancer*. Tee & Doc Lavoisier, 315-330.
- Toutain G. (1996).** Rapport synthèse de l'atelier "Techniques culturelles du palmier dattier". In *Options méditerranéennes, série, N° 28. Le palmier dattier dans l'agriculture d'oasis des pays méditerranéens*. Ed. IAM, Zaragoza, Spain, 201-205.
- Toutain G. (1977).** *Eléments d'agronomie saharienne : de la recherche au développement*. Ed. Jouve Paris, 276.
- Turhan M., Sayar S., et Gunasekaran S. (2002).** Application of Pelleg's equation to study water absorption in chickpea during soaking. *Journal of Food Engineering*.53, 153-159.
- Urga K., Biratu E., Gebretsadik M. (2006).** Effect of blanching and soaking on some physical characteristics of grass PEA (*Lathyrus Sativus*) vol.6. N° 1.PP: 1-15.
- **Vergnaud J.M.(1992).** *Drying of polymeric and solid materials*. London: Springer- Verlag, 49-52.
- Youssif A.K., Benjamin N.D., Kado A., Alddin S.M., Ali S.M. (1982).** Chemical Composition of four Iraqi Date Cultivars. *Date Palm Journal*, 1 (2) : 285-294.
- Anonyme. (2003).** *Statistiques agricoles : Superficies et productions*. Ministère de l'agriculture et du développement rural. Série A, 5-6.

\* **Sites internet** :

- [www.fao.org](http://www.fao.org)
- [www.metra-clairni.com](http://www.metra-clairni.com)
- <http://Fr.wikipedia.org>
- [http://Ressources .ciheam.org](http://Ressources.ciheam.org)

## Liste des Tableaux

<b>Tableau I.1 :</b> Nombre de palmiers dattiers en Algérie.....	4
<b>Tableau I:2 :</b> Production de dattes par pays (en 2005.).....	5
<b>Tableau I.3 :</b> Production de dattes en Algérie de la campagne agricole.....	6
<b>Tableau I.4 :</b> Cultivars dominants dans les pays producteurs de dattes .....	7
<b>Tableau I:5 :</b> Stades d'évolution de la datte .....	8
<b>Tableau III.1 :</b> Composition chimique (l'orange dans 100 g de la partie comestible.....	20
<b>Tableau V.1 :</b> Matrice d'expériences.....	41
<b>Tableau V.2 :</b> Matrice des effets.....	42
<b>Tableau V.3 :</b> Tableau des effets.....	44
<b>Tableau V.4 :</b> Evaluation hédonique.....	47
<b>Tableau VI.1:</b> Caractéristiques morphologiques de la datte Mech-Degla .....	51
<b>Tableau VI.2 :</b> .Composition biochimique de datte Mech-Degla .....	52
<b>Tableau VI.3 :</b> Résultats des analyses physico-chimiques du jus d'orange.....	54
<b>Tableau VI.4 :</b> Influence du temps sur le pouvoir de réhydratation des dattes.....	55
<b>Tableau VI.5 :</b> Influence du temps sur les caractéristiques finales de la solution .....	59
détermination ( $R^2$ ) et (EMR) pour tous les paramètres étudiés.....	63
<b>Tableau. VI. 7 :</b> Matrice d'expérience.....	64
<b>Tableau VI. 8 :</b> Matrice des effets.....	65
<b>Tableau VI. 9 :</b> Tableau des effets.....	66
<b>Tableau VI. 10:</b> Résultats des analyses microbiologiques du produit élaboré.....	69
<b>Tableau VI.11 :</b> Evaluation sensorielle .....	72

## Liste des figures

<b>Figure I.1:</b> Palmier phoenix dactylifera L.....	3
<b>Figure I.2 :</b> Datte et noyau du palmier dattier .....	10
<b>Figure I.3 :</b> Opérations de la transformation de la datte.....	16
<b>Figure III.1 :</b> coupe longitudinale et schéma descriptif de l'orange.....	17
<b>FigureV.2:</b> Diagramme du procédé de préparation des dattes en immersion.....	36
<b>FigureVI.1 :</b> Pourcentage de la pulpe et du noyau dans la datte entière.....	52
<b>Figure VI.2 :</b> Influence du temps sur le degré de réhydratation des dattes.....	61
<b>Figure VI.3.</b> Influence du temps sur le degré d'hydratation en logarithme.....	62
<b>Figure VI.4</b> Courbe de variation $\log (X_t - X_c) / (X_e - X_c)$ en fonction du temps.....	62
<b>Figure VI.4<sub>1</sub>:</b> Section d <sub>1</sub> .....	63
<b>FigureVI.4<sub>2</sub> :</b> Section d <sub>2</sub> .....	63
<b>Figure VI.5:</b> Application de la loi de Peleg dans l'expérimentation de la réhydratation des dattes.....	63
<b>FigureVI.6 :</b> Influence du temps sur les cinétiques de variation des pertes en solides.....	65
<b>FigureVI.7 :</b> Influence du temps sur les cinétiques de variation du degré Brix.....	65
<b>FigureVI.8 :</b> Influence du temps sur les cinétiques de variation de la conductivité .....	65
<b>FigureVI.9 :</b> Influence du temps sur les cinétiques de variation du pH.....	66
<b>FigureVI.10 :</b> Variation des pertes en solides (PS) de la phase liquide en fonction du temps (t) en coordonnées logarithmiques.....	66
<b>FigureVI.11 :</b> Variation du degré brix de la phase liquide en fonction du temps (t) en coordonnées logarithmiques.....	67
<b>FigureVI.12 :</b> Variation de la conductivité (C) de la phase liquide en fonction du temps (t) en coordonnées logarithmiques .....	67
<b>FigureVI.13 :</b> Variation du pH de la phase liquide en fonction du temps (t) en coordonnées logarithmiques .....	67
<b>Figure VI.14 :</b> Coupe transversale du tissu de datte initial .....	71
<b>Figure VI.15 :</b> Coupe transversale du tissu de datte en immersion .....	71
<b>Figure VI.16:</b> Histogramme graphique d'évaluation sensorielle.....	72

## Listes des photos

<b>Photo V.1</b> : Datte Mech-Degla entière et en coupe.....	26
<b>Photo V.2</b> : Réfractomètre à main.....	33
<b>Photo V.3</b> : Conductimètre.....	33
<b>Photo V.4</b> : Texturomètre de TA plus instruments.....	46
<b>Photo V.5</b> : Photographie du produit fini conditionné et pasteurisé (bocal en verre).....	68
<b>Photo V.6</b> : Photographie du fruit de dattes.....	70

## Listes des Annexes

**Annexe I** : Graphes de la texture

**Annexe II** : Graphe de l'évolution de la température du fruit de datte  
dans le liquide d'immersion

**Annexe III** :Listes des : tableaux, figures, photos , abréviations, matériel utilisé.