

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université -Belhadj Bouchaib-d 'Ain-Temouchent
Faculté des Sciences et de Technologie
Département d'Agroalimentaire



MÉMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité : Agroalimentaire et contrôle de qualité

THEME :

Etude du Processus de séchage et transformation des fruits et légumes dans l'Ouest Algérien : Cas des pruneaux

Soutenu le : 27 juin 2022

Présenté Par :

- Mr Kacimi Houari
- M r Abed Mohamed el Amine
- M r Abdelouahab Ali

Devant le jury composé de :

Dr. Belhacini Fatima	MCA	UAT.B. B (Ain Temouchent) Présidente
Dr. Khalfa Ali	MAB	UAT.B. B (Ain Temouchent) Examineur
Dr. Kerzabi Rachida	MRB	CRAPast Encadrante

Année universitaire 2021/2022



Remerciement

En premier lieu nous tenons à remercier Allah, notre créateur, pour nous avoir donné la force à accomplir ce travail.

Nous tenons à remercier vivement nos parents pour leurs soutiens et leurs encouragements durant notre formation.

Nous exprimons toute notre reconnaissance à toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon stage et qui m'ont aidée lors de la rédaction de ce mémoire

*Je voudrais dans un premier temps remercier, mon encadreur
Dr. Kerzabi, Maître de Recherche B au Centre de recherche en
Agropastoralisme Djelfa*

*Pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils.
Nous lui devons l'expérience de notre profonde gratitude.*

*On adresse toutes nos reconnaissances aux membres de jury, **Dr. Belkacini Fatima** Maître de Conférences A et **Dr. Khalfa Ali** Maître de Conférences B à l'Université Belhadj Bouchaïb d'Aïn-Témouchent*

Enfin, Nous plus chaleureux remerciements pour tous ceux qui de





Dédicace

Je dédie ce mémoire

A mes très chers parents pour leur soutien moral et pour leurs encouragements. Et à ma défunte mère lah yrbamba que dieu est son ame

A ma sœur « Rahmouna »

A mes petites sœurs « Wiam » et « Safae »

A toutes ma famille KACIMI.

A mes encadreurs madame Kerzabi et madame belhacini.

*A mes amis Ilyes, Imad, Yahia, Redouane, Rafik, Saïd,
Hickem, Zino, Rayen,*

HOUARI





Dédicace

Je dédie ce travail A ma maman qui m'a soutenu et encouragé durant ces années d'études. Qu'elle trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

A mes frères, mes grands-parents et Ceux qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail. Ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours.

A ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité. A tous mes amis qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès. A tous ceux que j'aime.

Ali





Dédicace

Je voudrais dédier cet humble travail

*À toute ma famille, à ma chère maman et mon cher père Qui nous a quitté à jamais,
Qui ont veillé à ce que je sois ce que je suis devenu maintenant.*

A mon Trinôme Ali, bouari

*A toutes ma famille **Abed***

A mon meilleur ami G. Jihad qui m'as encouragé pour ce travail.

A mes frères Rachid et Fouad et à mon cher neveu Abdel Hadi

A mes cousins Mohamed, Walid, Sidi Mohamed, Rabia, Ikram

A mes amis Hyes, Imad, Ismail, Youcef, Rania, Sifou, Mohamed, zino, imene.

A tous ceux qui m'aiment.

Mohamed el Amine





Sommaire

Sommaire

Sommaire

Introduction générale	1
------------------------------------	---

Partie Théorique

Chapitre I : Généralités sur les pruneaux et séchage

I - Description du fruit.....	5
I.1 Histoire et origine.....	5
1.2 De la prune au pruneau.....	6
I.3 les caractéristiques des pruneaux.....	7
I.4 Valeur nutritionnelle énergétique.....	9
I.5 les différents types de pruneaux d’Agen.....	11
I.5.1 les pruneaux <classique>.....	11
I.5.2 les pruneaux <mi- cuits >.....	11
I.5.3 les pruneaux bios.....	12
II- Définition de séchage.....	13
II-1 Historique.....	15
II-2 L’objectif de séchage.....	15
II- 3 types de séchage.....	16
II- 3-1 Séchage conventionnelle.....	16
II-3-1-1 Séchage a l’étuve.....	16
II-3-1-2 La lyophilisation.....	16
II-3-1-3 Séchage solaire.....	17
A - Description d’un séchage solaire.....	17
B - classification des types de séchage solaire.....	18
• Séchoirs solaires directs.....	19
• Séchoirs solaires indirects.....	19

Sommaire

II-3-2 séchage non conventionnel.....	20
II-3-2-1 Séchage par micro-onde.....	20
II-3-2-2 Séchage osmotique.....	21
II -4 l'utilisation du séchage dans l'industrie agroalimentaire.....	21
II-5 habitudes de séchage en Algérie.....	22
II-6 les domaines d'utilisation.....	22
II-7 les avantages et les inconvénients de séchage.....	23

Chapitre II : Présentation de l'unité de Séchage et Méthodologie

I-Introduction.....	26
II- description de l'espèce.....	26
III-variétés des prunes pour tous les fruits délivrés a l'industrie.....	28
IV- les différentes étapes du séchage.....	28
IV-1 Récolte.....	28
. Maturité et période optimale de récolte des prunes.....	28
. Précautions à prendre lors de la récolte des prunes.....	28
IV-2 le transport des prunes.....	30
. La conservation des prunes.....	30
IV-3 la réception.....	31
IV-4 le triage.....	31
IV -5 le calibrage.....	32
IV-6 le nettoyage et lavage.....	33
IV -7 le séchage.....	33
IV-8 le triage.....	34
IV-9 le stockage.....	35
IV-10 la réhydratation.....	35

Sommaire

IV-11 conditionnement, emballage stockage.....	36
V- Gestion de la qualité des produits Séchés.....	36
VI- Hygiène et qualité application des BPH (bonnes pratiques d'hygiène).....	37
VII- Description des unités de séchage.....	38

Partie Expérimentale

Chapitre III : Méthodologie ; Résultats et discussions

I-L 'objectif de travail.....	42
II-Analyse physico-chimique du produit aux cours de stockage.....	43
II-1Matériel et réactif pour l'analyse physico –chimiques.....	43
II-2-Détermination du PH.....	43
II-3-Taux d'humidité.....	45
III-Analyses microbiologiques du produit fini aux cours de stockage.....	47
Conclusion générale.....	50
Références Bibliographiques.....	53

Liste Des Tableaux

Liste Des Tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques organoleptiques et physico-chimique.....	08
Tableau 2 : Valeur nutritionnelle des pruneaux.....	09
Tableau 3 : Pourcentage des sucres simples et amidon dans les pruneaux.....	10
Tableau 4 : les différents paramètres de maturité.....	30
Tableau 5 : les différentes unités de séchage fonctionnelles au niveau de la région Nord-Ouest d'Algérie.....	39
Tableau 6 : Valeur nutritionnelle des pruneaux El Firdaous.....	42
Tableau 7 : Matériels utilisés pour les analyses physico-chimique.....	43
Tableau 8 : Données brutes de Ph.....	43
Tableau 9 : Résultats du taux humidité des échantillons.....	46
Tableau 10 : Résultats des analyses microbiologiques des Pruneaux.....	48

Liste Des Figures

Liste Des Figures

Figure 1 : photos de prune d'Ente (photo personnelle)	06
Figure 2 : Les pruneaux (photo personnelle)	07
Figure 3 : Le pruneau classique (Fermedulacay. Les-différents-types-de-pruneau-dAgen).....	11
Figure 4 : Les pruneaux « mi-cuits » (Fermedulacay. Les-différents-types-de-pruneau-dAgen).	12
Figure 5 : Les pruneaux dénoyautés (Fermedulacay. Les-différents-types-de-pruneau-dAgen).	13
Figure 6 : Les fruits séchés (Perino et Chemat, 2015)	14
Figure 7 : Exemple d'une étuve universelle XU (Vasseur, 2009).	16
Figure 8 : Lyophilisateur Pilote LPCCPLS15 et Lyophilisateur de Production (Cryotec, 2015).	17
Figure 9 : Illustration d'un séchoir solaire (El-Sebail, Aboul-Enein et <i>al.</i> , 2002)	18
Figure 10 : Schéma représente types des séchoirs solaires (Vasseur, 2009).....	18
Figure 11 : Illustration d'un séchoir solaire directe (Amelin et Souriau 2014).....	19
Figure 12 : illustration d'un séchoir solaire indirecte (Mennouche 2006).....	20
Figure 13 : Principe du séchage par micro-onde (UHF) (Ozkanet <i>al.</i> , 2007).....	21
Figure 14 : Technique de séchage solaire des figes par la femme Algérienne (BOUGHALI, 2010).....	22
Figure 15 : L'agro-industrie, union de multiples secteurs industriels (photo personnelle)	26
Figure 16 :le prunier depuis la floraison jusqu'à la fructification (photo personnelle)	27
Figure 17 : la taille des pruniers (photo personnelle)	27
Figure 18 : La récolte des prunes (photo personnelle)	29
Figure 19 : Le tapis de triage (photo personnelle)	32
Figure 20 : lavage des prunes (photo personnelle)	33

Liste Des Figures

Figure 21 : les fours à séchage (tunnels) (photo personnelle)	34
Figure 22 : Triage après séchage manuel et industriel (photo personnelle)	34
Figure 23 : Stockage en Palox (photo personnelle)	35
Figure 24 : Ensache des pruneaux (photo personnelle)	35
Figure 25 : Sarl Noujoum Transformation de fruits et Légumes (photo personnelle)	40
Figure 26 : les pruneaux El Firdaous (photo personnelle)	40
Figure 27 : Echantillon des pruneaux El Firdaous (photo personnelle)	42
Figure 28 : Représentation graphique de la moyenne du pH mètre (photo personnelle)	44
Figure 29 : photo du pH-mètre (photo personnelle)	44
Figure 30 : les étapes de préparation (taux d'humidité) (photo personnelle)	46
Figure 31 : Représentation graphique du taux d'humidité et la moyenne des Echantillons (photo personnelle)	47

Liste Des Abréviations

Liste des abréviations

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique.

Ctifl : Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes.

IGP : indication géographique protégée

AB : Agriculture biologique

AW : l'activité de l'eau

IGP : Indication géographique protégée

UFH : ultra haute fréquence

BPH : bonne pratique d'hygiène

HACCP: Hazard analysis critical control point

1. الملخص

الغرض من هذا العمل هو دراسة عملية تجفيف ومعالجة الفواكه والخضروات في غرب الجزائر: حالة البرقوق ووصف الطرق (العمليات) المختلفة المستخدمة من قبل وحدات الإنتاج.

يُنتج البرقوق من Ente plum ، وهو النوع الوحيد من الفاكهة الذي تتيح خصائصه الفيزيائية والحسية للحصول على منتج عالي الجودة يأتي في عيارات مختلفة، (أحجام مختلفة).

التجفيف هو أحد أقدم طرق حفظ الطعام، والذي يمكن تعريفه على أنه نقل متزامن للكتلة والحرارة حيث يتم تقليل نشاط الماء من المادة الغذائية عن طريق التخلص من الماء.

صارل نجوم هي شركة جزائرية عاملة في القطاع الخاص تأسست عام 2013 في تلمسان متخصصة في معالجة وإنتاج الفاكهة والخضروات، وبشكل أدق تجفيف البرقوق بالطريقة الصناعية.

التجفيف هو أسلوب الحفظ الأكثر استخدامًا من حيث المنهجية والتطبيق والقطاع الصناعي.

تعتبر عملية محددة تحدث في تصنيع العديد من المنتجات النهائية أو الوسيطة. تتعلق التحليلات التي تم إجراؤها بتقييم جودة مختلف العوامل الفيزيائية والكيميائية (درجة الحموضة - الرطوبة) والمعلومات لمكروبيولوجية للمنتج النهائي المعبأ.

Résumé :

Le but de ce travail est d'étudier le processus de séchage et la transformation des fruits et légumes dans l'Ouest Algérien : cas des pruneaux et de décrire les différentes méthodes (procédés) utilisées par les unités de production.

Le pruneau est produit à partir de la prune d'Ente qui constitue la seule et unique variété de fruit dont les qualités physiques et organoleptiques permettent d'obtenir un produit de qualité. Il se décline en différents calibres, (différentes grosseurs) Le séchage est l'une des plus anciennes méthodes de conservation des aliments, qui peut être définie comme un transfert simultané de masse et de chaleur dans laquelle l'activité de l'eau d'une denrée alimentaire est abaissée par l'élimination d'eau.

Sarl El Noujoum est une société Algérienne fonctionnelle dans le secteur privé créée en 2013 à Tlemcen spécialisée dans la transformation et la production des fruits et légumes plus précisément le séchage des pruneaux par la méthode industrielle.

Le séchage est la technique de préservation la plus utilisée en termes de méthodologie, d'application et de secteur industriel. Il est considéré en tant que procédé particulier qui intervient dans la fabrication de nombreux produits finis ou intermédiaires.

Les analyses effectuées portent sur l'évaluation de la qualité des différents paramètres physico-chimique (ph - humidité) et microbiologique du produit fini conditionné.

Abstract:

The purpose of this work is to study the process of drying and processing of fruits and vegetables in western Algeria: the case of prunes and to describe the different methods (processes) used by the production units.

Prunes are produced from the Ente plum, which is the one and only variety of fruit whose physical and organoleptic qualities make it possible to obtain a quality product. It comes in different calibers, (different sizes) Drying is one of the oldest methods of food preservation, which can be defined as a simultaneous transfer of mass and heat in which the activity of water from a foodstuff is lowered by the elimination of water.

Sarl El Noujoum is a functional Algerian company in the private sector created in 2013 in Tlemcen specialized in the processing and production of fruits and vegetables, more precisely the drying of prunes by the industrial method.

Drying is the most widely used preservation technique in terms of methodology, application and industrial sector. It is considered as a specific process that occurs in the manufacture of many finished or intermediate products.

The analyzes carried out relate to the evaluation of the quality of the various physico-chemical (ph - humidity) and microbiological parameters of the finished packaged product.



Introduction

Introduction

La conservation des produits alimentaires constitue un enjeu primordial dans les pays où la production agricole est concentrée sur quelques périodes de récoltes. Il faut prévoir « répartir » cette offre alimentaire dans le temps.

Le séchage des produits alimentaires est la plus ancienne et la plus répandue des méthodes employées pour les conserver. Ce procédé demeure pour certains pays un moyen de développement de première nécessité, une forme de second souffle pour ceux en développement.

Le secteur de l'industrie agroalimentaire est le deuxième en l'Algérie, il est en expansion progressive. Un fort potentiel et des opportunités restent cependant à concrétiser.

Avec le développement de la population, le pays connaît une forte demande en produits agroalimentaires et aujourd'hui l'alimentation représente 45% des dépenses des ménages Algériens.

Le séchage des fruits et légumes est l'une des plus anciennes méthodes de conservation des aliments connues par l'homme, car il a un grand effet sur la qualité des produits secs.

L'objectif majeur dans le séchage des produits agricoles est la réduction de la teneur en humidité à un niveau qui permet le stockage en toute sécurité sur une période prolongée. Il entraîne également une réduction du poids ainsi que de volume, ce qui réduit l'emballage, le stockage et les frais de transport. **(Heldman, Lund *et al.*, 2006).**

Le choix des aliments à sécher s'est posé sur les pruneaux. Premièrement, pour leur cultivation très répandue dans le monde, pour leurs richesses en éléments nutritifs et surtout pour leurs vertus médicinales qui permettent le traitement de diverses maladies telle que le cancer de la prostate, ainsi que les diarrées et nausées. Deuxièmement pour leur disponibilité irrégulière. Cependant, leur conservation par procédé de séchage permet de la continuité dans leur disponibilité. **(Mennouche, Bouchekima *et al.*, 2007), (Gigon 2012), (Liu, Suzuki *et al.*, 2000).**

Le séchage solaire, comme moyen de conservation des aliments, a été considéré le système le plus utilisé de l'énergie solaire. Le séchage des fruits, légumes et viandes est l'un des processus des grandes consommations d'énergie dans l'industrie de transformation alimentaire et constitue une meilleure méthode de réduction des dépenses et pertes après les récoltes. Le séchage solaire a été pratiqué partout dans le monde pendant des siècles en plein air. Il a été employé pour sécher des grains, fruits, viandes, poissons et d'autres produits

Introduction

alimentaires destinés à la consommation. (**Bonazzi, Dumoulin *et al.*, 2008**).

Une grande partie de l'offre du monde en fruits et légumes secs continue à être séchée selon la manière traditionnelle sans l'aide technique. Cependant, la production à grande échelle limite l'utilisation de séchage normal en plein air.

La méthode traditionnelle du séchage souffre de maints problèmes, parmi ces derniers, le manque de capacité de commander le processus de séchage correctement, l'incertitude du temps, le coût de la main d'œuvre élevé, la nécessité de zones vastes, l'infection par des insectes et autres corps étrangers. Les solutions impliquant l'énergie solaire ont proposé des dispositifs de collection, ou des séchoirs solaires pouvant réduire les inconvénients cités précédemment et permettent aussi l'amélioration de la qualité des produits. (**Boulemtafes, 2011**).

En Algérie, les fruits tels que : abricots, raisins, figues et prunes sont traditionnellement séchés en les exposant directement au soleil. Néanmoins ce mode de séchage présente des inconvénients du fait que le produit obtenu est de qualité médiocre, et généralement contaminé par des poussières et insectes et parfois endommagé par des intempéries.

Pour éviter ces inconvénients, il est souhaitable et bien avantageux d'utiliser des systèmes de séchoirs solaires pour sauvegarder la qualité organoleptique du produit tout en profitant de cette source énergétique gratuite.

Le séchage des produits agricoles est un procédé de stabilisation et de conservation qui remonte à la plus haute antiquité. Le séchage naturel, à même le sol, sur les toits ou sur des claies est largement pratiqué dans la plupart des pays d'Afrique.

Mais la qualité bactériologique des productions artisanales laisse souvent à désirer sans compter qu'un conditionnement peu fiable entraîne souvent la détérioration rapide des produits séchés.

De plus il n'existe pas, dans la plupart des pays d'Afrique, de véritables circuits de distribution : chacun vend où il veut et où il peut !

Pourtant, le séchage demeure l'une des options les moins onéreuses pour conserver les produits agricoles. De nombreuses améliorations ont déjà été apportées aux systèmes de séchage traditionnel afin de conserver les produits plus longtemps, d'améliorer leur qualité et

Introduction

de procurer ainsi des revenus d'appoint aux producteurs.

Parallèlement, de nombreux efforts ont été déployés en Afrique pour développer des techniques de séchage plus performantes que le séchage traditionnel, notamment par le développement de séchoirs solaires à coût modéré, à usage domestique ou semi-industriel.

(**Ginidex Algérie, 2011**).

Beaucoup de scientifiques ont étudié la modélisation de séchage solaire des produits agricoles et il y a également simulation des études sur les séchoirs solaires et le comportement de divers légumes et fruits, caractérisé par la cinétique de séchage.

Les concepts de base, les différentes méthodes de séchage, et les différents types de séchoirs a ont été examinés par divers auteurs dans des articles de revue et des monographies. (**Bennamoun et Belhamri, 2007**).

L'objectif de ce travail est d'étudier le processus de séchage et la transformation des fruits et légumes dans l'Ouest Algérien : cas des pruneaux et de décrire les différentes méthodes (procédés) utilisées par les unités de production.

Pour cela on a structuré le travail en deux parties :

- Une partie théorique qui contient deux chapitres : la première comporte des généralités sur les pruneaux et le séchage, le 2ème chapitre consacré à la présentation des stations d'étude,
- Partie pratique : qui comporte un chapitre consacré à matériels et méthodes les résultats obtenus.



CHAPITRE I

I-Description du fruit :

I-1 Histoire et Origine

Le prunier, connu depuis la plus haute antiquité, est venu de Chine en suivant la route de la soie, jusqu'en Syrie (Damas). Ce sont les Phéniciens, les Grecs, les Romains et la civilisation arabe qui ont implanté la culture et le séchage du pruneau sur l'ensemble du bassin Méditerranéen.

C'est en Gaule, la première province appelée Narbones qui s'étendait jusqu'à l'actuelle Kelsey, porte d'Agnès, que les Romains ont planté plusieurs variétés de pruniers. Ils cultivent par exemple la prune de Saint-Antonin (ou prune de mer), une petite prune bleue très répandue qui donne des prunes très noires et de petite taille.

Au XIIIe siècle, au retour de la troisième croisade, les moines bénédictins de l'abbaye de Clarke (dans la vallée du Lot) ont l'idée de greffer des pruniers locaux avec de nouvelles plantes importées de Syrie. Il en résultera une nouvelle variété, la prune d'Ente (« entrer » signifie « greffé » en ancien français).

Cette nouvelle variété (que nous utilisons encore aujourd'hui), à la peau fine, bleu-violet et à la floraison régulière, est bien adaptée au climat et aux conditions sèches du Sud-Ouest. Il fournira aux pruneaux de gros calibre un arôme et une saveur délicats. Nous venons d'assister à la naissance d'Agensimé.

Le Port de Garonne fera d'Agen la première ville maritime. Les prunes sont d'abord chargées sur des "gabarres" (petits voiliers et remorqueurs) et transportées sur la Garonne jusqu'à Bordeaux, où elles sont transférées sur des navires en état de naviguer. Les prunes sont estampillées au lieu d'origine, d'où le nom "Agenmei".

Au cours de l'hiver 1709, un grand froid détruit la plupart des pruniers, qui sont replantés plus à l'ouest dans les régions du Villeneuvois et de l'Agenais, réputées moins froides. De là naîtra la terre choisie par les prunes d'Ajan.

Du 17ème siècle au 19ème siècle, la valeur nutritionnelle des prunes connaîtra une croissance considérable. De plus, il a fait partie des approvisionnements océaniques qui lui permettent de voyager à travers le monde.

Depuis lors, le commerce et la consommation de prunes argentines se sont poursuivis sous de

nouvelles formes et dans de nouvelles formulations. (Yves Lespinasse, 1988)

Les vergers de prune d'Ente produisent aujourd'hui l'essentiel des prunes à pruneaux d'Agen. C'est dans les années 1940 que la station d'arboriculture INRA de Bordeaux a sélectionné, au sein de cette variété, une population d'environ 80 clones qui, après greffage et sélection, ont produit les clones actuels, conservés et diffusés par le Ctifl.

La technique du séchage au soleil ou dans un four à pain a également été largement utilisée. Depuis lors, des siècles avant Jésus-Christ, les prunes étaient connues des médecins grecs, romains et arabes pour leur valeur diététique, nutritionnelle et médicinale. Mais aussi parce qu'il préserve longtemps les besoins alimentaires lors des mauvaises saisons comme les longs trajets.



Figure 1 : Photos de prune d'Ente (photo personnelle)

I-2 De la prune au pruneau

La prune est le plus répandu des fruits à noyau, appelés drupes. Le prunier est présent sur tous les continents, sauf l'Antarctique. Il existe plus de 2000 variétés de prunes à travers le monde différenciées par leur couleur et leur origine. Originaires d'Asie, d'Europe ou d'Amérique, les seules espèces qui ont fait l'objet d'une culture commerciale sont le prunier européen (*P. domestica*), originaire du Caucase, et le prunier japonais (*P. salicina*), originaire de la Chine. On considère parfois le prunier de Damas comme une espèce en soi. En général, les botanistes le classent comme une sous-espèce du prunier européen (*P. domestica var. insititia*), qui aurait été

sélectionnée par les Arabes. En Europe, on trouve principalement la Reine-Claude, la Mirabelle, la Quetsche et la Prune d'Ente utilisée pour faire les pruneaux.

En France, le pruneau d'Agen est protégé depuis 2002 dans l'ensemble de l'Union européenne par une indication géographique protégée. D'autres villes comme Brignoles, Tours, ou Dijon (Vitteaux) étaient connues, surtout au XIX^e siècle, pour leurs pruneaux.

La récolte se fait entre le 15 août et le 20 septembre. Les fruits mûrs sont ramassés par secouage du prunier de manière manuelle ou à l'aide de vibreurs mécaniques qui font tomber les prunes sur de larges toiles tendues. On utilise aussi de grands tabliers circulaires qu'une machine drapé en collerette autour du tronc de l'arbre.

La qualité du pruneau dépend pour beaucoup de la maturité de la prune. Les fruits cueillis sont lavés à l'eau douce et sont ensuite séchés naturellement au soleil, ou industriellement, au four.



Figure 2 : Les pruneaux d'Agen (les prunes séchées) (photo personnelle)

I-3 les caractéristiques des pruneaux

Le pruneau est produit à partir de la prune d'Ente qui constitue la seule et unique variété de fruit dont les qualités physiques et organoleptiques permettent d'obtenir un produit de qualité. Il se décline en différents calibres, (différentes grosseurs).

Le poids moyen des pruneaux est de 15 grammes. Il a une forte capacité antioxydant. Il est riche en fer. Il contient une forte concentration de sucres (principalement du glucose, du fructose et du sorbitol), ce qui lui permet de se conserver naturellement pendant longtemps. Le calibre est un indicateur important de la qualité intrinsèque du fruit : plus la teneur en sucre de la prune à l'état frais est élevée, plus la prune séchée sera grosse et tendre. Le calibre s'exprime en quantité de fruits pour 500 grammes : plus le chiffre est petit, plus le fruit est gros. Le calibre déclaré sur l'emballage est une fourchette (ex : 33/44 : 33 à 44 fruits pour 500g). Sa couleur noire est due à l'action des enzymes. Ce sont des polyphénol oxydases, comme celles que l'on trouve dans les raisins secs. De plus, les deux fruits présentaient le même caractère noir après séchage.

Les pruneaux sont vendus dénoyautés ou non. Leur grosseur et leur qualité sont variables. Il est préférable de choisir des pruneaux bien noirs, brillants, moelleux et charnus, non poisseux ni moisis. S'ils paraissent secs, cela peut provenir de la petitesse du calibre choisi (peu de pulpe sur le noyau) ou d'une conservation trop longue hors d'un emballage hermétique.

En raison de leur forte teneur en sorbitol, les pruneaux ont une action laxative, particulièrement efficace si les fruits ont trempé et sont consommés avant le sommeil. Le jus a des propriétés similaires.

De plus, ce fruit contient un excellent apport en potassium (600-732mg/100 g), ce qui en fait donc un excellent fruit à consommer pour les gens souffrant d'une carence en potassium. **(Christine verdier, 2014)**

Tableau 1 : Caractéristiques organoleptiques et physico-chimique (Christine verdier, 2014)

Caractéristiques organoleptiques	Caractéristiques physico-chimiques
<p>Forme des pruneaux : caractéristique du pruneau dénoyauté 2 trous sur 1 pruneau.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Couleur : épiderme brun noir, chair ambrée. - Texture : très moelleuse. - Saveur : fruitée caractéristique du pruneau et sucrée. - Odeur : caractéristique du pruneau. 	<ul style="list-style-type: none"> - Calibre : 66 à 77 fruits aux 500g avant dénoyautage et macération. - Catégorie : / - Humidité : Pruneaux mis en œuvre : 35 % maximum. Tolérance : 36 % - Liste ingrédients : Pruneaux, eau, sucre Conservateur : sorbate de potassium (E202). - OGM – Ionisation : Produit garanti sans OGM et exempt de traitement ionisant. - Pesticides : Pruneaux mis en œuvre conformes à la Directive UE en vigueur.

I-4 Valeur Nutritionnelle Energétique :

Le profil nutritionnel des pruneaux donné dans les tables de composition des aliments résulte de la compilation de résultats épars, notamment étrangers. Ils ne tiennent pas compte du lieu de culture et des méthodes de séchage. Or la nature du sol détermine les teneurs en certains nutriments, comme le bore. Nous donnons dans les tables suivantes (**Jen-Marie Bourre et al., 2007**), les analyses faites sur des « pruneaux d'Agen » de la région de Villeneuve-sur-Lot, les seuls à pouvoir bénéficier de cette appellation IGP (indication géographique protégée).

Après séchage, le noyau représente environ 11 % du pruneau alors qu'il ne faisait que 7 % du fruit frais.

Tableau 2 : Valeur nutritionnelle des pruneaux D'après Bourre et coll. (2007)

Pruneau			
(valeur pour 100 g de pulpe de pruneaux récoltés dans la région de Villeneuve-sur-Lot en 2003,			
Valeur énergétique : 959 Kj	Eau : 36,3 g	Fibres : 6-7 g	Sorbitol : 29,6 g
Protéines : 1,96 g	Lipides : 0,26 g	Glucides : 60,6 g	Fructane : 300 mg
Oligo-éléments			
Potassium : 621 mg	Magnésium : 30 mg	Phosphore : 70 mg	Calcium : 49 mg
Sodium : 0,84 mg	Fer : 2,13 mg	Bore : 1,0 mg	Zinc : 0,51 mg
Vitamines			
Vitamine C : <1 mg	Vitamine B1 : 0,82 mg	Vitamine B2 : 0,06 mg	Vitamine B3 : 1,13 mg
Bêta-carotène: 0,47 mg	Vitamine B5 : 0,27 mg	Vitamine B6 : 0,16 mg	Vitamine K : 4,3 µg
Acides organiques			
Acide quinique : 4 100 mg	Acide malique : 290 mg	Acide Shiki Mique : 280 mg	Acide chlorogénique : 8 mg

La teneur en eau correspond à celle requise par la réglementation. Le degré d'hydratation du pruneau français (36,2 %), plus élevé que celui du pruneau américain (32,4 %), explique les différences de teneurs des macro-nutriments avec les tables américaines de Stacewicz-Sapuntzakis et coll (**Stacewicz-Sapuntzakis M et al., 2001**).

Le pruneau est un fruit riche en glucides et pauvre en lipides et protéines. Les glucides se décomposent en :

Tableau 3 : Pourcentage des sucres simples et amidon dans les pruneaux

Les sucres simples et amidon dans le pruneau (Bourre et coll. 2007)				
<u>Glucose</u>	<u>Fructose</u>	<u>Saccharose</u>	<u>Sorbitol</u>	<u>Amidon</u>
42,7	25,6	1,6	29,6	0,4

Le saccharose est peu abondant (1,6 % des glucides) car il est hydrolysé lors du séchage sous l'effet d'activation d'enzymes. Les pruneaux se singularisent dans le monde végétal par leur forte teneur en sorbitol (30 % des glucides), un polyol lentement métabolisé par l'organisme. L'abondance de ce composé expliquerait la faiblesse de l'indice glycémique (vitesse de digestion des glucides), tout comme la présence de bore, de fibres alimentaires et de polyphénols.

Les pruneaux contiennent de faible quantité de fructanes (0,3 %), beaucoup moins que les raisins secs (7 %) mais beaucoup plus que les pommes, les poires et les bananes. Les fructanes sont des polymères de fructose, qui passent à travers l'intestin grêle sans être digérés et se retrouvent dans le côlon où ils subissent une fermentation par le microbiote et stimulent la flore intestinale.

Les glucides du pruneau sont digérés relativement lentement. La mesure précise de cette vitesse de digestion se fait par l'indice glycémique. Plus ce paramètre est bas, plus le glucose met du temps pour passer dans le sang. Le pruneau a un indice glycémique moyen de (**Jen-Marie Bourre et al., 2007**) 52, situé au-dessus de celui du pamplemousse (25) et en dessous de celui du miel (73).

Les pruneaux sont parmi les aliments les plus riches en fibres alimentaires (6-7 % de la chair). Ces fibres se décomposent en fibres solubles (57 % des fibres totales), riches en pectines et en fibres insolubles (43 %), composées de cellulose et hémicellulose. Les fibres sont bien connues pour faciliter le transit intestinal mais elles contribuent aussi à diminuer l'indice glycémique et à baisser le LDL-cholestérol (**TinkerLFet al., 1991**)

Les pruneaux font partie des aliments usuels les plus riches en potassium (621 mg/100 g), un peu moins que les raisins secs, et environ autant que les châtaignes et les noix. Leur teneur en zinc et fer est aussi significative.

Pour 100 g de pruneaux : glucose 24 g, fructose 15 g et sorbitol 10 g.

I-5 Les différents types de pruneaux d'Agen :

I-5-1 Les pruneaux « classiques »

Le pruneau classique que l'on peut aussi appeler pruneau sec ou réhydraté est le pruneau le plus représenté dans les commerces. Pourquoi ? Tout simplement parce que le procédé pour avoir un pruneau sec permet de le conserver longtemps (2/3 ans). Ainsi la prune d'Ente est séchée dans des fours (tunnels pour être plus précis) à gaz à 72°C pendant environ 24h (cela varie en fonction de la grosseur de la prune).

On obtient ainsi un pruneau à 24% d'humidité, très sec, immangeable tel quel mais qui se conserve très bien. Ensuite, quand les pruneaux doivent être mis dans le commerce, ils sont replongés dans un bain d'eau chaude (certains industriels y rajoutent des conservateurs, du sucre, des arômes) pour que le pruneau puisse à nouveau se gorger d'eau et atteindre la limite de 35% d'humidité (au-dessus de cette limite fixée par un cahier des charges de la filière, vous ne pourrez plus l'appeler « pruneau » mais « spécialité aux pruneaux ». Vous obtenez donc un pruneau sec, réhydraté après ces opérations.

Malgré le fait que ce pruneau reste la « star » des étals de ventes, il est surpassé en termes de goût et de vitamines par un cousin proche : le pruneau mi-cuit



Figure 3 : Le pruneau classique (Fermedulacay. Les-différents-types-de-pruneau-d'Agen)

I-5-2 Les pruneaux « mi-cuits » :

Dans ce cas précis, la déshydratation est interrompue lorsque le taux d'humidité se situe entre 30 et 35 %. Son élaboration répond à un cahier des charges précis puisqu'il est considéré comme le meilleur pruneau. Il est nature, sans réhydratation, ni conservateurs, ni sucres ajoutés.

Il est naturel, moelleux et sucré. c'est le meilleur.

Mais alors pourquoi, n'est-il que très peu représenté dans les magasins ? Tout simplement parce qu'il ne se garde pas à l'air libre (2 mois maximum), ce qui nous oblige à assurer la conservation en le mettant en sachet et en le pasteurisant (traitement thermique à moins de 100°C).

Ainsi en poche, il se conserve entre 1 an et demi et 2 ans. Cela n'altère pas du tout la qualité du pruneau mi-cuit et permet de le déguster tout au long de l'année.



Figure 4 : Les pruneaux « mi-cuits » (Fermedulacay. Les-différents-types-de-pruneau-dAgen)

I-5-3 Les pruneaux « bios » :

La transformation du pruneau bio est comparable à celui du pruneau sec ou du pruneau mi-cuit mais leur production et leur transformation sont régies par un Cahier des Charges précis défini par l'Union Européenne qui fixe les règles de l'Agriculture Biologique.

Les produits sont identifiés par le logo AB (Agriculture Biologique) sur l'étiquette. Ainsi, ce logo vous assure d'avoir un pruneau sec ou mi-cuit naturel sans produits chimiques lors de la production de la prune ou de la transformation en pruneau.

- **Les pruneaux « sur-humidifiés » appelés les « spécialités aux pruneaux » :**

Leur processus d'élaboration est comparable à celui du pruneau « classique/sec » mais leur réhydratation est prolongée au-delà de 35 % d'humidité (jusqu'à 42/45%

d'humidité). Ce qui fait de ces pruneaux une « spécialité à base de pruneaux » et non des Pruneaux d'Agen (l'IGP obligeant le taux d'humidité des pruneaux à 35% maximum).

Ce sont des pruneaux très mous et avec moins de saveurs que le pruneau mi-cuit puisque de l'eau a été rajoutée en grande quantité.

- **Les pruneaux dénoyautés :**

Les pruneaux dénoyautés peuvent être secs, mi-cuits ou sur-humidifiés. Bio ou non. Les pruneaux dénoyautés sont fabriqués à partir de mi-cuits bio (évidemment) de calibre "Très gros".

Ils sont ensuite pasteurisés pour préserver leur moelleux et leur saveur. (Fermedulacay. Les-différents-types-de-pruneau-dAgen).



Figure 5 : Les pruneaux dénoyautés (Fermedulacay. Les-différents-types-de-pruneau-dAgen)

II -Définition de séchage

Le séchage est un procédé très ancien de conservation des produits agricoles et alimentaires. Il permet de convertir des denrées périssables en produits stabilisés, par abaissement de l'activité de l'eau (activité water) Jusqu'à une valeur inférieure à 0,5 (Bonazzi et Bimbenet, 2003).

Les opérations de séchage jouent un rôle important dans les industries alimentaires. Elles représentent souvent la dernière opération du procédé de fabrication d'un produit, avec une forte influence sur la qualité finale (Bonazzi et Bimbenet, 2008).

Selon (El Mokretar et al., 2004) ; le séchage est, soit un moyen de conservation, soit une étape dans la transformation de certains produits. Il est utilisé à la fois dans le monde rural, à travers le séchage des produits agricoles et dans le monde industriel à travers l'agro-alimentaire,

le textile, etc.

Les biologistes ont constaté qu'en ramenant la teneur en humidité de la nourriture entre 10 et 20 %, les bactéries, les champignons et les enzymes sont presque tous neutralisés. La saveur et la majeure partie de la valeur nutritive est conservée et concentrée. Les produits séchés peuvent être conservés pendant plusieurs mois, l'autre avantage est le conditionnement ; en effet un produit séché pèse environ 1/6 du produit alimentaire frais, il n'a donc pas besoin d'équipement spécial pour le stocker et sont facile à transporter. **(Perino et Chemat, 2015)**

Le séchage est l'une des plus anciennes méthodes de conservation des aliments, qui peut être définie comme un transfert simultané de masse et de chaleur dans laquelle l'activité de l'eau d'une denrée alimentaire est abaissée par l'élimination d'eau. Cette méthode offre de nombreux avantages : conserver les aliments par inactivation des enzymes, détruire les micro-organismes, amortir le caractère saisonnier de certaines activités agricoles ou industrielles, diminuer la masse et le volume des aliments, réduire leur encombrement, faciliter leur transport et enfin donner une présentation, ou une fonctionnalité particulière au produit (flocons de purée de pomme de terre, café lyophilisé, etc.). L'optimisation de l'opération de séchage doit répondre à deux impératifs essentiels qui sont la consommation restreinte d'énergie nécessaire et la sauvegarde de la qualité biologique du produit séché (apparence, goût, odeur, arôme et propriétés nutritionnelles).



Figure 6 : Les fruits séchés **(Perino et Chemat, 2015)**

II-1 Historique

La déshydratation est l'une des plus anciennes méthodes de préservation des aliments que l'on connaisse. Les peuples primitifs déshydrataient ou faisaient sécher les herbes, les racines, les fruits et la viande en les exposants au soleil. Ils avaient appris que la déshydratation des aliments leur permettait de survivre durant les durs et longs hivers alors que la nourriture était plus rare ou encore inexistante.

La légèreté ainsi que la valeur nutritive élevée des aliments déshydratés permettaient aussi aux peuples d'autrefois de parcourir de plus grandes distances lors de leurs voyages de chasses ou d'exploration. Presque tous les êtres humains du monde souffrent de déshydratation ou de dessèchement des aliments depuis l'aube de la civilisation. En effet, les premiers rapports écrits sur le sujet indiquent que les Phéniciens, ainsi que d'autres pêcheurs méditerranéens, avaient l'habitude de sécher leurs prises en plein air. Le séchage des feuilles de thé au soleil était très courant chez les Chinois.

Plusieurs autres cultures, d'autre part, ont mangé une variété d'aliments déshydratés. Par exemple, lorsque les scientifiques ont récemment fouillé des tombes égyptiennes antiques, ils ont découvert une variété d'aliments déshydratés, y compris des grains de blé. Ces aliments étaient destinés à soutenir l'esprit du défunt lors de son voyage dans l'au-delà. Au cours d'une expérience, des grains secs pendant plusieurs siècles ont été réhydratés. Ils germent miraculeusement, démontrant que la déshydratation est une méthode naturelle et viable de conservation à long terme des aliments.

Au cours des explorations des XVe et XVIe siècles, la majorité des marins ont consommé une variété d'aliments séchés pour rester en bonne santé pendant leurs voyages en mer **(Boughali., 2010)**.

II-2 L'Objectif de séchage

L'objectif principal du séchage est de diminuer l'activité de l'eau de divers matériaux périssables qui consistent de convertir ce dernier en produits stabilisés. Il consiste à enlever d'humidité d'un produit par évaporation de l'eau qu'il contient aux valeurs $< 0,5$, afin de permettre leur stockage à la température ambiante **(Bonazzi et al., 2011)**.

II-3 TYPE DE SECHAGE

Différents types de séchage conventionnel (solaire, à l'étuve et lyophilisation) et non conventionnel (par micro-onde et osmotique) sont utilisés pour sécher différents aliments. Cependant, chaque technique de séchage a ses propres avantages et inconvénients.

II-3 1. Séchage conventionnel**II-3 1.1. Séchage à l'étuve**

Pour cette méthode, l'air chauffé est mis en contact avec le matériel humide pour le transfert de chaleur et le transfert massif ; la convection est principalement impliquée. Il faut préciser la consigne de température de l'étuve, le temps de séjour, et la taille de l'échantillon à tester. Le choix de ces deux critères (taille et temps de séjours) doit être adapté au rapport surface/volume (Vasseur, 2009).



Figure 7 : Exemple d'une étuve universelle XU (Vasseur, 2009)

II-3 1.2. La lyophilisation

La lyophilisation est une méthode de conservation des produits par déshydratation qui met en œuvre une sublimation de la glace, c'est-à dire un passage direct de l'état solide à l'état vapeur. Ce procédé se déroule toujours en trois étapes :

- La congélation du produit
- La sublimation (ou déshydratation primaire) ou toute l'eau congelée est sublimée à basse température et généralement sous vide.
- La désorption (ou déshydratation secondaire) a une température plus élevée, généralement sous vide aussi, ou l'eau non congelable est éliminée. Cette dernière opération est indispensable pour conférer au produit une teneur en eau suffisamment basse pour sa conservation (Wolff *et al.*, 1988).



Figure 8 : Lyophilisateur Pilote LPCPLS15 et Lyophilisateur de Production (**Cryotec, 2015**)

II-3 1.3. Séchage solaire

Dans les pays en développement, le séchage au soleil est une méthode populaire, efficace et économique utilisée pour le séchage et la conservation des produits agricoles, alimentaires et de nombreux autres produits. Le séchage des produits alimentaires agricoles par l'énergie solaire est une application rentable. Par contre le séchage industriel consomme des grandes quantités de combustibles traditionnels pour fournir de l'air chaud (**Midilli et Kucuk, 2003**).

Le séchage se fait de plusieurs manières. La machine à sécher existe sous différentes formes en fonction du mode de transfert de chaleur, le prix, la forme d'énergie consommée et le mode de circulation du fluide (**Amelin et Souriau, 2014**).

A -Description d'un séchoir solaire

Le séchoir solaire est une construction qui capte les rayons solaires pour sécher les aliments disposés à l'intérieur. Il nous permet comme le déshydrateur de sécher tous les fruits, légumes, herbes, poissons et viandes. Il est souvent construit en bois avec une plaque de verre qui sert à reproduire un effet de serre à l'intérieur du séchoir.

Le séchoir solaire a un potentiel important dans le secteur agricole, où il est utilisé pour le séchage des légumes, des fruits et des plantes médicinales. Ainsi minimiser la dépendance sur le séchage au soleil et le séchage industriel, d'où économiser d'énormes quantités de fossiles (**Mann, Harris et al., 2004**)

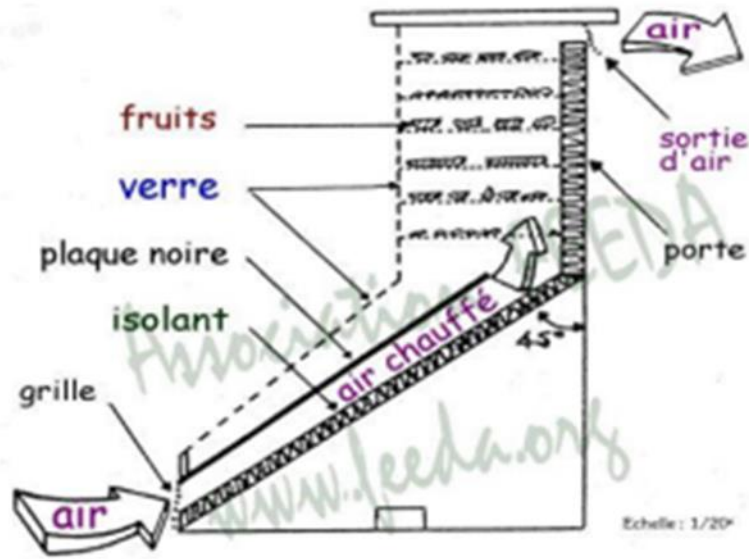


Figure 9 : Illustration d'un séchoir solaire (El-Sebaili, Aboul-Enein et al., 2002)

B -Classification des types de séchoirs solaires :

Selon la forme d'énergie consommée, il y a des séchoirs électriques, des séchoirs à gaz et des séchoirs hybrides. Plusieurs gammes de séchoirs solaires existent : les séchoirs directs, indirects et mixtes

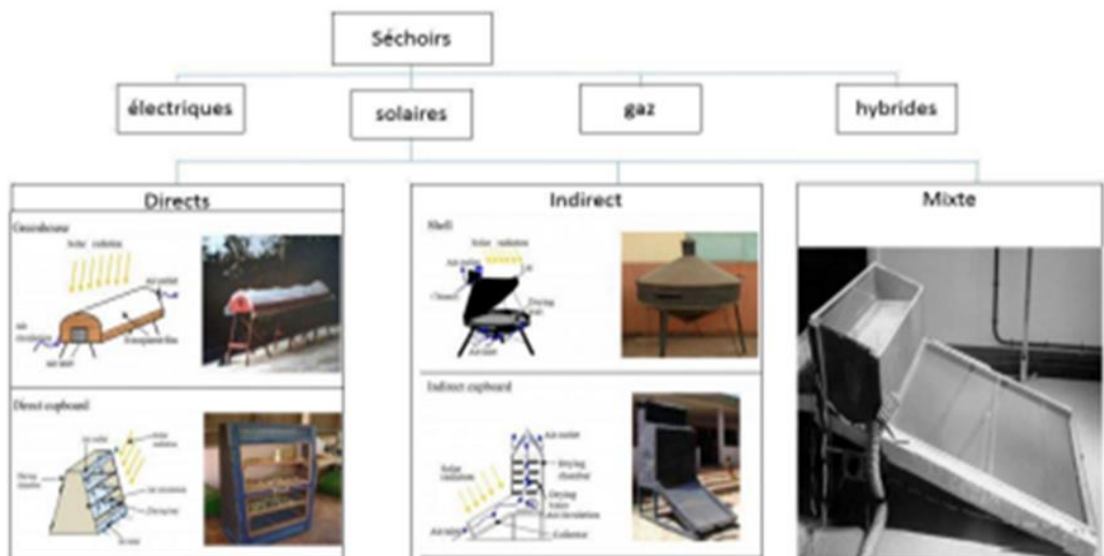


Figure 10 : Schéma représentatif des types de séchoirs solaires (Vasseur, 2009)

- **Les séchoirs solaires directs**

Dans ce type de séchoirs, les rayons solaires frappent directement les produits. Et d'après la figure 11 le séchoir solaire direct se compose d'une seule pièce qui fait office à la fois d'une chambre de séchage et de collecteur solaire. Le fond de la chambre de séchage est peint en noir pour augmenter la capacité d'absorption de chaleur, une feuille de plastique ou polyéthylène transparent sert généralement de toit mais on peut également utiliser d'autres matériaux plus chers comme le verre ou les plastiques spéciaux (polyéthylènes agricoles). Néanmoins l'interaction directe « rayonnement solaire - produit » engendre la dégradation de la qualité du produit et la destruction des nutriments (Madhlopa, Jones *et al.*, 2002).

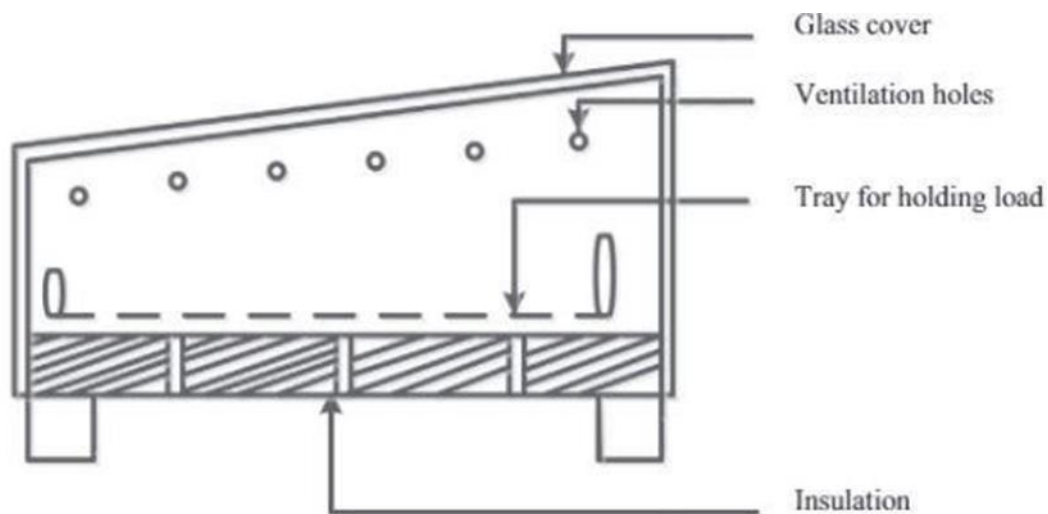


Figure 11 : Illustration d'un séchoir solaire directe (Amelin et Souriau 2014)

- **Les séchoirs Indirects**

Les séchoirs solaires indirects ont un capteur solaire séparé et une unité de séchage. Elles sont généralement constituées de quatre éléments, à savoir, capteur solaire, l'unité de séchage, un ventilateur, et de conduits de circulation d'air. Unité de collecteur solaire est utile pour atteindre des valeurs de température plus élevées avec un air contrôlé.

Cependant, on observe également que, dans des conditions de fonctionnement des températures plus élevées, l'efficacité du capteur solaire est réduite. En général, la plupart des capteurs solaires sont constitués de bois ou des métaux avec un revêtement approprié de matériaux absorbants tels que polyéthylène noir pour une meilleure absorption de la chaleur nécessaire au séchage du produit. (Mann, Harris *et al.*, 2004).

Le produit n'est pas exposé directement au soleil, il est même à l'abri de la lumière, ce qui autorise une meilleure préservation des qualités nutritionnelles de l'aliment.

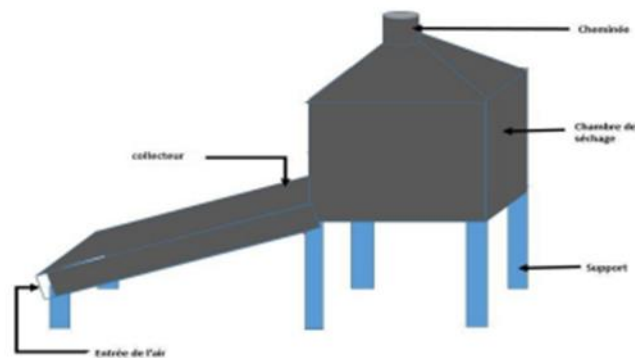


Figure 12 : Illustration d'un séchoir solaire indirecte (Mennouche 2006)

II-3 2 Séchage non conventionnel

II-3 2 1 Séchage par micro-onde

Les micro-ondes sont des rayonnements électromagnétiques non ionisants avec des fréquences dans la gamme de 300 MHz à 300 GHz. Les fréquences micro-ondes comprennent trois bandes : l'ultra haute fréquence UHF : 300 MHz à 3 GHz, la supère haute fréquence SHF : 3 GHz à 30 GHz. Et la très haute fréquence EHF : 30 GHz à 300 GHz. Actuellement, 2450 MHz est la fréquence la plus couramment utilisée pour le four micro-ondes domestique (Haque, 1999). Le séchage à micro-ondes est basé sur la rotation bipolaire. En effet, les molécules d'eau changent leur direction, affectée par un champ électrique, interagissent avec leur environnement et molécules, par conséquent, l'énergie cinétique de l'eau est convertie rapidement en énergie thermique (de l'intérieur vers l'extérieur). En revanche, le transfert de chaleur est très lent lors de l'application du mode de convection (chauffage conventionnel), de la surface vers la partie interne de la denrée alimentaire. L'effet de l'énergie des micro-ondes à l'intérieur d'une substance dépend des propriétés diélectriques de cette substance, qui peut changer la distribution de chaleur dans l'échantillon. Dans un petit échantillon de denrées alimentaires, l'effet cumulatif des micro-ondes en fonction du temps entraînent un sur chauffage au centre de l'échantillon.

Un des facteurs importants dans le séchage des micro-ondes est la densité de puissance (puissance spécifique) des micro-ondes (Dehghannya *et al.*, 2018). Ces deux dernières décennies, l'application des micro-ondes de plus en plus susciter de l'intérêt pour le traitement des aliments et des bioproduits (Cheng *et al.*, 2006).

Les techniques de séchages par micro-ondes ont démontré leurs efficacités pour certains nombres de produits agricoles (les herbes) (Ozkanet *et al.*, 2007).

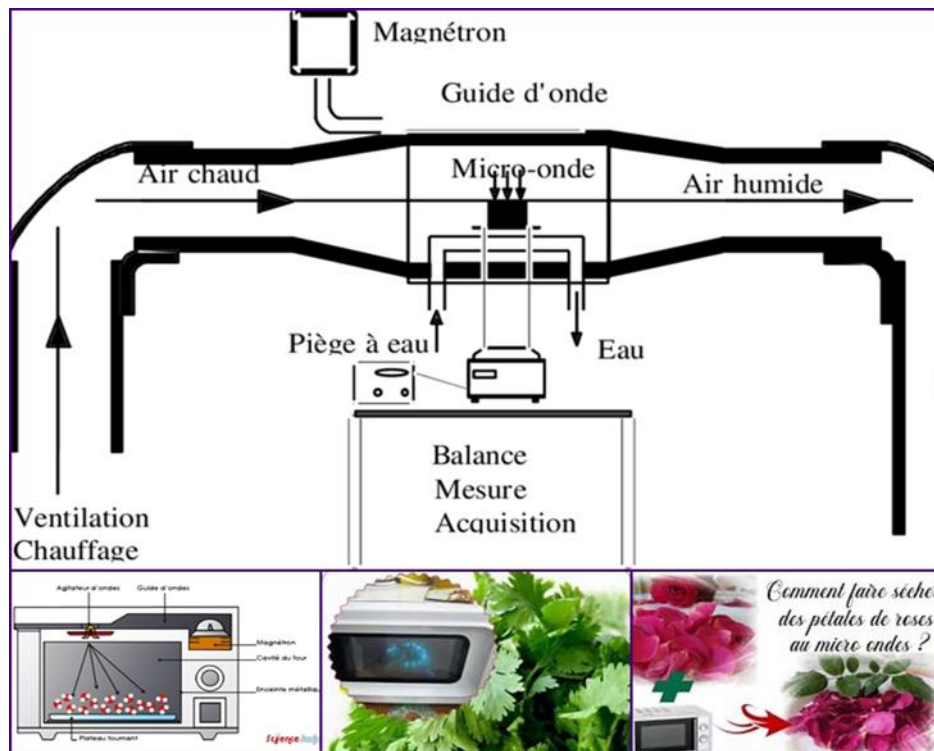


Figure 13 : Principe du séchage par micro-onde (UHF). * L'air joue le rôle d'évacuateur de la vapeur d'eau. Produite. * Le transfert de chaleur se fait grâce aux propriétés diélectriques des matériaux. Longueur d'onde = 1 mm à 1 m. * Puissance volumique = 5 à 50 kW/cm.

II-3 2 1. Séchage osmotique

La déshydratation osmotique présente un certain nombre d'atouts par rapport aux techniques traditionnelles de séchage. En particulier, l'aliment est traité à plus basse température (entre 5 et 85 °C) et à l'abri de l'oxygène (puisque'il est immergé), ce qui est particulièrement favorable pour les produits sensibles aux réactions de dégradation oxydative et thermique. De plus, le séchage osmotique permet de réduire la charge microbienne et ainsi de prolonger la période de conservation des produits (**Bchir et al., 2011**).

II-4 L'utilisation du séchage dans les industries agroalimentaires

Le séchage est utilisé pour :

- Accroître la durée de conservation des produits alimentaire.
- Stabiliser les produits agricoles (maïs, luzerne, riz, lait, ...) et amortir le caractère saisonnier de certaines activités.
- Produire des ingrédients ou des additifs pour une seconde transformation, également appelés : Produits Alimentaires Intermédiaires (PAI), ce sont par exemple des légumes pour les potages, des oignons pour la charcuterie, des fruits pour la pâtisserie, des

épaississants, arômes et colorants

- Réduire considérablement la masse et le volume des produits, ce qui facilite leurs transports, stockage et manutention.
- Donner une présentation, une structure ou une fonctionnalité particulière au produit (café instantané, flocons de purée de pomme de terre, ...). À ce titre, l'opération de séchage peut être considérée comme une opération de formulation ou de texturation, qui, lorsqu'elle est convenablement conduite est capable de fournir des produits nouveaux, faciles d'emploi (**Bonazzi et Binbente, 2003**).

II-5 Habitudes de séchage en Algérie

Le séchage des produits agricoles est l'une des applications potentielles les plus importantes de la région Algérienne. Les agriculteurs et les citoyens sèchent leurs récoltes sur des bâches, des pavés ou sur le sol, les exposant au soleil en les étalant en fines couches. Cependant, l'expérience de l'Algérie en matière de séchage solaire est nouvelle et se limite au séchage des fruits, légumes, plantes médicinales et plantes aromatiques. (**BOUGHALI, 2010**)



Figure 14 : Technique de séchage solaire des figes par la femme Algérienne (**BOUGHALI, 2010**)

II -6 Les domaines d'utilisation

Le séchage industriel est de nos jours très couramment utilisé dans les industries chimiques et/ou des matériaux. Citons les applications suivantes :

- Séchage du papier : sa fabrication passant par une étape de pulpe humide, séchage des éponges cellulosiques dites « végétales », des latex, etc.
- Séchage des matériaux de construction : bois, briques, tuiles et céramiques avant cuisson, carreaux et plaques de plâtre après moulage, isolants thermiques, pigments, colles... issus de procédés humides.

- Séchage de produits chimiques obtenus à l'état solide, suite à des réactions en milieu liquide, par précipitation, cristallisation, concentration, etc. Exemple : Engrais
- Granulés, lessives granulées, NaCl, soude, sels minéraux, silice colloïdale, etc. Sachant que leur distribution sous forme liquide reste souvent une option.
- Séchage de matières actives pharmaceutiques généralement en poudres, issues de processus humides
- Séchage de textiles, après lavage, après teinture...
- Séchage de boues d'épuration, et/ou de sous-produits industriels (**Vasseur, 2009**).

II -7 Les avantages et les inconvénients de séchage

Comme toutes les méthodes de préservation thermique des produits, l'utilisation du séchage présente des avantages et des inconvénients.

Les avantages :

Les principaux avantages du procédé de séchage sont :

- La simplicité de la méthode avec généralement un bon rendement ;
- Une durée de conservation des aliments déshydratés qui peut être de plusieurs mois
- La désactivation des enzymes responsables de la dégradation des aliments
- L'inhibition de la croissance des micro-organismes grâce à la réduction de l'activité d'eau ;
- Sa capacité à être utilisée à des fins commerciales permettant de limiter les pertes de récoltes ;
- La diminution des coûts financiers et environnementaux liés au transport des marchandises en raison de la réduction massique (**Fourrier, 2003**)

Les inconvénients :

Comme tous les traitements thermiques, le séchage peut entraîner, en particulier,

- Des pertes d'arômes, de vitamines et de pigments (**Boroze, 2011**), des réactions de brunissement, des durcissements superficiels.
- Des modifications irréversibles de texture et donc de capacité à la réhydratation, des pertes de constituants volatils.
- La modification de la répartition de l'humidité dans le produit.
- Il est coûteux, notamment en énergie. Il est utile alors de connaître tout ce qui peut influencer le séchage et en particulier la vitesse de séchage afin de diminuer le coût cette opération (**Nguyen, 2015**)

En général, le séchage a globalement moins d'inconvénients que d'autres procédés de conservation (appertisation, congélation ou traitement aseptique). Le séchage des fruits, des légumes et des épices reste encore une méthode très répandue de conservation de ces aliments (Ekechukwu et Norton, 1999).



CHAPITRE II

Chapitre II : Présentation de l'unité de séchage

I-Introduction

L'agro-industrie est un concept à base technique qui englobe les secteurs de transformation de matière première d'origine agricole, au sens large.

Dans cette acception, il comporte plusieurs filières de fabrication, fortement hétérogène dont certaines, de loin les plus importants, concernant les produits alimentaires, les produits alimentaires dont les plus importants en Algérie restent les filières céréales, lait et les produits laitiers, boissons, viandes conserves, huiles, et oléagineux, sucre.

L'industrie agroalimentaire Algérienne n'échappe pas aux influences de l'évolution mondiale, elle est influencée par celle des agro-industries dans le monde, en raison de sa dépendance à l'égard du marché international des produits de base, mais aussi de ceux de l'équipement et de la technologie

Le développement du secteur agricole et agroalimentaire est un enjeu majeur pour l'Algérie aux niveaux économique, politique et social, sur le plan intérieur, il emploie actuellement 1,6 million de personnes soit 23 % de la population active : il s'agit de la deuxième industrie du pays, après l'Algérie plus d'un million d'exploitations agricoles couvrant plus 8,5 million d'hectares de terre arables, exploitées par l'arboriculture (41 %) de les cultures maraichères (26 %) et les grandes cultures (33%) principalement céréalières.



Figure 15 : L'agro-industrie, union de multiples secteurs industriels. (Photo personnelle)

II-Description Botanique de l'espèce

Le prunier ou prunier cultivé (*Prunus domestica* L.) est un arbre fruitier appartenant au genre *Prunus*, de la famille des Rosaceae, cultivé pour ses fruits, les prunes. Il peut atteindre 3 à 7 mètres de hauteur, non épineux à jeunes rameaux glabres, feuilles adultes Obovales ou

Chapitre II : Présentation de l'unité de séchage

oblongues, crénelées – dentées glabres ou légèrement pubescentes en dessous, fleurs d'un blanc un peu verdâtre, le fruit est une drupe (2-3cm) oblongue du fruit à partir de mois de septembre.



Figure 16 : le prunier depuis la floraison jusqu'à la fructification (photo personnelle)



Figure 17 : la taille des pruniers (photo personnelle)

Cette espèce est cultivée et su spontanée dans tout la France, l'Europe, l'Afrique septentrionale spontané en Asie, dans la région pontique et la perse.

Les prunes sont alimentaires et laxatives ; riches en sucres, elles fournissent par la distillation une eau-de vie assez estimée, ainsi que, le bois de prunier est recherché des tourneurs.

Chapitre II : Présentation de l'unité de séchage

III-Variétés des prunes Pour tous les fruits destinés à l'industrie :

Les plantations sont faites avec des interlignes de 7 mètres pour permettre la récolte mécanique. L'espacement sur le rang varie de 4 à 7 mètres, selon la vigueur des porte-greffes et des variétés. Les variétés dites industrielles, Pruniers d'Ente, Mirabelliers et Quetsches sont auto-fertilisantes alors que la plupart des autres sont auto-stériles et nécessitent des plantations intercalaires de variétés de pollinisation.

La production est en moyenne de 8 tonnes à l'hectare. Fréquemment le prunier ne donne qu'une année sur deux. Ce rythme peut être réduit par la taille. Lorsque l'arbre est trop chargé de bourgeons à fleurs un éclaircissement (taille) limite la production fruitière de l'arbre et diminue les effets de l'alternance. On peut aussi diminuer cette alternance en secouant l'arbre au moment de la nouaison pour faire tomber un certain nombre de jeunes fruits. Les fruits récoltés à bonne maturité peuvent être refroidis dès la cueillette et être conservés à la température de 4°C pendant cinq à six semaines. Les mirabelles perdent leur saveur lors du stockage au froid et ne peuvent donc être conservées qu'avec cette méthode. Il existe deux types de prunes : - Les prunes qui sont consommées à l'état frais : Exemple les prunes japonaises variétés "Golden Japan" ou "Methley" qui sont précoces mais très peu parfumées ou les "Reines Claude" du groupe des *Prunus domestica*, de très bonne qualité mais très fragiles lorsqu'elles sont cueillies à maturité tardive. -Les prunes généralement destinées à la transformation, telles que les "Mirabelles et les "Quetsches", destinées à la fabrication de conserves, confitures, et eaux de vie, et les "Prunes d'Ente" ou d'Agen, et surtout la variété Stanley destinées à la fabrication des pruneaux. Prunes d'Ente et Quetsches font partie, comme les Reines Claude, de la famille des *Prunus domestica*, importée d'orient à l'époque des croisades, et développée en de nombreuses variétés hybrides. Ces fruits sont les seules prunes à noyaux "non adhérents"

IV-Les différentes étapes du séchage à air chaud (industrielle) de la prune

IV -1 Récolte

- **Maturité et période optimale de récolte des prunes :**

Un bon pruneau c'est d'abord une prune récoltée à pleine maturité. La maturité des prunes est un paramètre déterminant sur la qualité du fruit sec. La couleur et la fermeté du fruit étant les critères généralement employés pour déterminer la date optimale de récolte.

- **Précautions à prendre lors de la récolte des prunes**

Les prunes destinées au séchage sont cueillies avec les précautions suivantes :

- La récolte se fait au stade optimal de maturité.

Chapitre II : Présentation de l'unité de séchage

- On récolte les fruits à la main en choisissant les fruits mûrs ; il est déconseillé de cueillir les fruits par secouage de l'arbre ou des branches car en tombant les fruits sont inévitablement meurtris et doivent être immédiatement envoyés vers une autre utilisation (confiserie ou distillation).
- On récolte si possible par un beau temps, lorsque la rosée et l'humidité ont disparu.
- Les paniers de cueillette doivent être doublés intérieurement avec une toile qui amortit les heurts.

Les fruits récoltés à bonne maturité, autres que mirabelles qui perdent leur saveur lors du stockage au froid, peuvent être refroidis dès la cueillette et être conservés à la température de 4°C pendant cinq à six semaines.

La récolte se fait traditionnellement entre mi-août et mi-septembre. Pour ne récolter que les fruits les plus mûrs il faudra en moyenne 3 à 4 passages sur chaque parcelle. La récolte peut être mécanique ou manuelle.

De nos jours, le ramassage mécanique, plus rapide, plus productif est le plus répandu. Toutefois, la cueillette manuelle est souvent utilisée en complément de la récolte mécanique. Chaque arbre peut produire jusqu'à 100 kg de fruits.

Après la récolte des prunes à pleine maturité entre mi-août et mi-septembre, les étapes suivantes s'effectuent au niveau des unités de production et de la transformation.



Figure 18 : La récolte des prunes (photo personnelle)

Chapitre II : Présentation de l'unité de séchage

Tableau 4 : les différents paramètres de maturité

Indice de maturation	Observations
La coloration	Généralement la cueillette est réalisée en déterminant les changements de couleurs de la peau.
La fermeté	La fermeté peut être aussi utilisée comme indice de maturité de certaines variétés. La mesure de la fermeté est conseillée pour les variétés dont la peau est de couleur sombre pour le cas des prunes. On considère que lorsqu'on mesure 10 Newtons de fermeté à l'aide d'un pénétromètre (8 mm), les prunes sont alors mûres.
Coloration des pépins	Aux approches de la maturité des prunes, les pépins brunissent
Mesures de sucres	Pour les prunes de séchage, les taux de sucres totaux doivent atteindre 25 à 35% à la récolte. Ce taux de sucre est mesuré à l'aide d'un réfractomètre.
Mesure de l'acidité	La détermination de l'acidité du jus de fruit permet de donner une indication sur la maturité.
Mesure de l'amidon	L'amidon contenu dans un fruit est transformé en sucre au cours de la maturation. On considère que la date de récolte correspond à la disparition de l'amidon du fruit.

IV-2 Le transport des prunes

Les prunes sont très fragiles et nécessitent une manipulation extrêmement délicate. Le matériel de récolte (caisses, seaux, etc.) doit être soumis régulièrement à un nettoyage et désinfection. Les fruits seront disposés sur un seul ou deux rangs dans leur emballage et transportés à l'unité. Le matériel utilisé pour le transport des fruits frais doit être d'une matière et d'une conception permettant un nettoyage et entretien faciles (par exemple caisses aérées en plastique) pour ne pas constituer un foyer de quelque contamination que ce soit.

- **La conservation des prunes**

La durée des prunes après la récolte varie selon la variété et surtout selon la gestion de la température et du degré de maturité au moment de la récolte. Après la récolte, le fruit évolue très vite. Les fruits récoltés à bonne maturité peuvent être refroidis dès la cueillette et être conservés à la température de 4°C pendant cinq à six semaines. A température ambiante, il ne peut rester en place plus de deux à trois jours et nécessite un tri régulier. Par conséquent la température de conservation est le paramètre essentiel à contrôler si l'on veut maintenir un état sanitaire satisfaisant. De préférence de les sécher directement après la récolte afin de préserver leur qualité.

Chapitre II : Présentation de l'unité de séchage

Les matières premières destinées à la déshydratation des fruits sont toujours soumises à une préparation en vue des traitements ultérieurs. Cette préparation comprend les opérations de nettoyage, triage, calibrage, etc. En outre ces fruits peuvent subir des pré-traitements. Ces opérations de préparations varient selon la nature de la matière première et le produit que l'on veut obtenir ; l'ordre dans lequel elles interviennent varie également. Seules les principales d'entre elles sont mentionnées ci-après. Le séchage des prunes se fait selon deux procédés, le "traditionnel" ne faisant appel qu'au séchage, et le "moderne" utilisant l'osmose inverse.

IV-3 La réception :

La réception les prunes doivent être pesées. Afin d'assurer de la qualité des fruits réceptionnés on procédera à l'identification des variétés. Le pourcentage de la matière étrangère et des fruits abîmés et contaminés donne une idée sur l'état sanitaire de la matière première. Une matière première riche en impuretés et en fruits abîmés et contaminés doit être refusée.

IV-4 Le triage :

Le triage vise à avoir des fruits homogènes du point de vue maturité et état sanitaire. Ce choix se fait aussi bien sur les arbres qu'après récolte. Un triage manuel permet de supprimer tous les fruits impropres à la consommation, peu mûrs, abîmés, etc. Si la grosseur n'est généralement pas liée à la qualité gustative, elle est néanmoins souvent exigée par les usages et exigences du commerce et contribue essentiellement à une bonne homogénéité du produit et donc à une meilleure présentation. Une certaine uniformité de taille s'est révélée utile, voire indispensable, pour un traitement efficace par séchage. Le triage par grosseur est souvent imposé par des normes réglementaires.

Le triage d'après la couleur qui est d'ailleurs un important indice de maturité est effectué en général à l'œil nu, le plus souvent en même temps que l'inspection visant à éliminer des matières étrangères et les fruits en mauvais état. En outre, certaines teintes sont des signes d'altération ou tout simplement ne sont pas désirées par le consommateur. Les fruits non conformes sont utilisés pour la fabrication de confiture, de produits confis, de jus, vinaigre, etc.



Figure 19 : Le tapis de triage (photo personnelle)

IV-5 Le calibrage :

Il consiste à obtenir des fruits de même calibre (même volume, même densité) pour leur assurer un comportement uniforme durant le processus de séchage et de combiner la qualité du produit fini et une homogénéité dans sa présentation. Les fruits de petit calibre sont triés et valorisés en produits dérivés comme la confiture. A partir d'un lot d'une même variété on classe les fruits en différents calibres ou grosseur sur la base du diamètre équatorial ou volume.

Chaque classe nous donne le nombre de fruits par kg. On peut, de ce fait, calculer le pourcentage de chaque calibre par rapport au lot tout entier. Ce calibrage peut se faire à la main ou à l'aide d'un calibre industriel.

On distingue les calibres suivants :

Géant : au maximum 40 fruits aux 500g

Très gros : au maximum 50 fruits aux 500g

Gros : au maximum 66 fruits aux 500g

Moyen : au maximum 88 fruits aux 500g

Chapitre II : Présentation de l'unité de séchage

Petit : au maximum 121 fruits aux 500g

IV-6 Le nettoyage et lavage :

Avant le processus de séchage, la matière première est soumise à un nettoyage (lavage) dont l'objectif est de débarrasser le produit des fruits contaminés et de toute matière étrangère. Cette étape facilite la conduite de séchage en augmentant sa vitesse, en exploitant dans des meilleures conditions la capacité du séchoir et en gardant la forme entière du fruit.

Les prunes seront ensuite étendues sur des claies (grilles fines en acier inoxydable alimentaire montées sur des cadres en bois) en une couche uniforme en vue de leur séchage, c'est l'étape de l'enclayage, ces claies sont ensuite emplies sur des chariots qui seront placées dans les tunnels pour le séchage.



Figure 20 : lavage des prunes (photo personnelle)

IV-7 Le séchage

C'est l'opération qui consiste à déshydrater le fruit frais, la prune d'ente, pour en faciliter la conservation, c'est au terme de cette étape que la prune devient pruneaux, de nombreux pruniculteurs assurent eux-même le séchage de leur récolte ; d'autres le confient à une coopérative équipée de plusieurs installations adaptées.

Chapitre II : Présentation de l'unité de séchage



Figure 21 : les fours à séchage (tunnels) (photo personnelle)

Aujourd'hui, le séchage se fait dans des tunnels à séchage continu puissamment ventilés. Un seul passage d'environ 16 à 24 h à 70 °C de moyenne dans le tunnel de séchage permet la transformation complète de la prune en pruneau.

La température de l'air est déterminée à l'aide d'un thermocouple relié à un multimètre à affichage digital. L'humidité relative à une température donnée est le degré de saturation de l'air en vapeur d'eau. Elle est déterminée par une sonde hygrométrique couplée au multimètre à affichage digital.

IV-8 Le triage

Après le séchage, l'opération de tri est très importante, car elle permet d'écarter les fruits tarés, blessés ou tachés et les fruits mal cuits, cette opération s'effectue généralement à la main, sur des tapis de triage ou sur les claies de séchage avant le stockage.

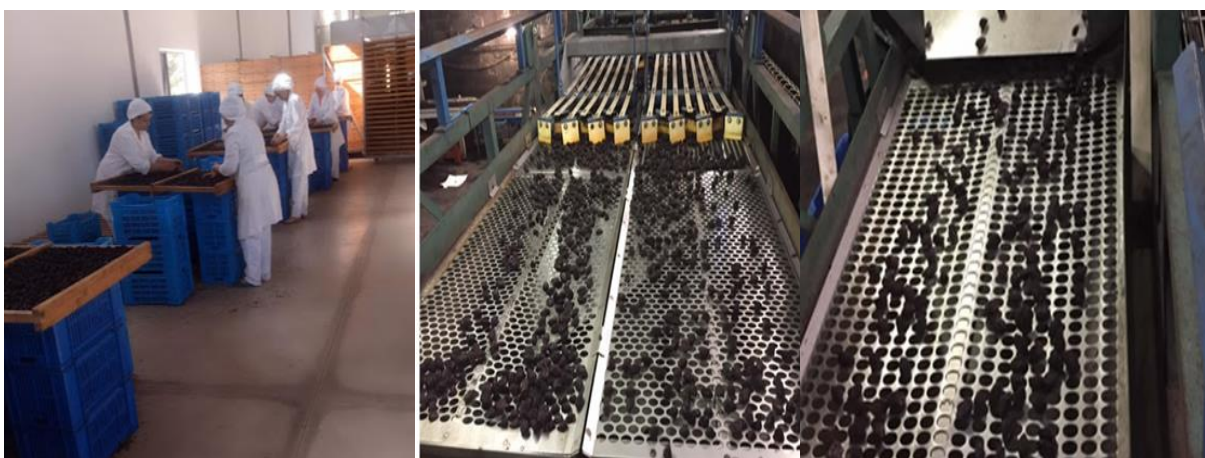


Figure 22 : Triage après séchage manuel et industriel (photo personnelle)

Chapitre II : Présentation de l'unité de séchage

IV -9 Le stockage :

Une fois calibrés, les pruneaux peuvent être stockés dans des palox (caisse-palette en bois) revêtus de grandes poches en polyéthylène alimentaire, celles-ci sont ensuite placées dans des locaux appropriés de préférence à l'abri de la lumière, à hygrométrie et température constantes.



Figure 23 : Stockage en Palox (photo personnelle)

IV-10 La réhydratation

L'étape clé réaliser, il faut que le fruit soit très séché pour pouvoir bien conserver, le pruneau d'Agen pour bénéficier de ce nom, doit avoir une humidité maximale à 35 % au-delà, le pruneau ne peut s'appeler ainsi le pruneau est donc réhydraté pendant environ 30 minutes en fonction du calibre, dans une eau à 175 °C.

Les fruits sont ensuite refroidis pour favoriser leur ensachage



Figure 24 : ensache des pruneaux (photo personnelle)

Chapitre II : Présentation de l'unité de séchage

IV-11 Conditionnement, emballage et stockage

On choisit une certaine quantité de produit sèche et on effectue la pesée avant de la mettre dans un emballage approprié. La détérioration de la couleur, de la saveur et de la texture est possible aussi bien avant ou au cours du séchage qu'au cours du stockage. Donc un conditionnement s'impose.

Les produits sèches sont triés selon l'humidité (on élimine les fruits grillés et trop hydratés), la dimension et la couleur pour avoir un ensemble de fruits de bonne qualité et homogènes. Les produits secs sont conditionnés dans pellicules cellulosiques (cellophane), des sachets polyéthylène ou polyvinyle (protègent bien leurs qualités organoleptiques, mais coûtent cher) ou des emballages en papier et carton (ont l'inconvénient majeur d'être perméables à l'humidité).

Le carton est souvent utilisé pour l'emballage des sacs.

Le conditionnement et l'emballage permettent de :

- Préserver aux fruits leur couleur et arômes (en empêchant la décoloration des pigments, l'oxydation des vitamines, le rancissement des lipides).
- Les conserver à l'abri de l'humidité (pour inhiber la prolifération microbienne et l'évolution des sucres) et protéger les produits de toute contamination extérieure.
- De ralentir au maximum les réactions de détérioration du produit à condition, bien entendu, que l'on ait utilisé un emballage approprié permettant de maintenir le bas niveau de l'activité de l'eau atteinte à la fin des échanges et la température maintenue intérieure à environ 25°C.

V-Gestion de la qualité des produits séchés

L'application d'un plan de gestion de la sécurité sanitaire et de la qualité des produits permet de prévenir les contaminations et de préserver la qualité des produits. Le plan qualité est supporté par différents contrôles.

Chapitre II : Présentation de l'unité de séchage

VI-Hygiène et qualité application des BPH (bonnes pratiques d'hygiène)

Les règles d'hygiène sont précisées dans le Manuel BPH (Bonnes Pratiques d'Hygiène) maintenu au niveau de l'unité de séchage et qui couvre : L'hygiène des locaux de séchage et matériel, L'hygiène et l'entretien des locaux et du matériel dans un bon état de propreté, sont indispensables au fonctionnement correct d'une unité de séchage des prunes. Des locaux spéciaux doivent être à la disposition du personnel : vestiaires avec casiers individuels pour les vêtements ; toilettes munies de papier hygiénique ; lavabos avec savon (liquide ou en poudre, de préférence) et essuie-mains. Un plan de nettoyage et de désinfection régulière des locaux, doit être appliqué.

L'hygiène du personnel Le personnel doit porter des vêtements de travail (blouses ou combinaisons), entretenus propres et se laver les mains au sortir des toilettes avant de regagner le poste de travail. Le tabac doit être interdit et des distributeurs d'eau potable doivent être mis à la disposition des ouvriers. **Hygiène de l'eau** L'unité doit être approvisionnée en eau de bonne qualité (eau potable) et en quantité suffisante. Dans l'unité de transformation l'eau est utilisée à diverses fins : lavage, triage, nettoyage du local et des appareils, protection contre le feu, etc.

Pour être considérée comme potable, une eau doit répondre aux exigences prévues dans la réglementation mise en vigueur. Conformément à ces textes une eau potable doit satisfaire à des normes visant à la fois des caractères physiques, microbiologiques et chimiques.

Il est indiqué également que l'eau ne doit présenter ni odeur ni saveur désagréable, l'eau utilisée doit soit satisfaire naturellement aux normes bactériologiques, soit être traitée par un procédé approuvé, à moins qu'elle ne subisse au cours des opérations une stérilisation de quelque nature que ce soit.

- Caractères physiques : Des limites sont fixées pour la turbidité, pour le pouvoir colmatant et pour la coloration.
- Caractères microbiologiques : L'eau doit être exempte d'organismes parasites ou pathogènes et ne pas contenir d'*Escherichia coli* dans 100 ml; de streptocoques fécaux dans 50 ml ; de *clostridium sulfito-réducteurs* dans 20 ml.

Lutte contre les insectes et ravageurs

Les locaux où les fruits sont entreposés ou travaillés doivent être conçus et aménagés de manière à éviter que des animaux, insectes et rongeurs plus spécialement, puissent y pénétrer ; cela relève avant tout de la construction du local et de l'entretien général. Il va de soi qu'aucun animal domestique ne doit être toléré dans une fabrique des fruits séchés. Il est parfois nécessaire de détruire des insectes ou des rongeurs qui se trouvent à l'intérieur de l'unité. Contre les insectes on peut employer, lorsque toute fabrication est arrêtée, la fumigation au moyen de gaz toxiques divers ou des insecticides à action rapide. Ces traitements doivent être suivis d'une

Chapitre II : Présentation de l'unité de séchage

aération ou d'un lavage adéquat, pour éviter tout risque de contaminer les fruits. Pour se débarrasser des rongeurs on utilise des pièges plutôt que des poisons, car ces derniers sont dangereux également pour les opérateurs et opératrices. La destruction des insectes et des rongeurs doit être confiée à des spécialistes compétents.

Plus généralement, l'unité doit disposer : d'eau de bonne qualité et en quantité suffisante ; de systèmes convenables pour l'évacuation rapide et totale des divers rejets : eaux résiduaires, déchets solides (qui attirent insectes et rongeurs), effluents humains. Il faut veiller aussi à éviter la prolifération de microorganismes, tant dans les matières premières des fruits, au cours de leur transformation et dans les produits séchés. La lutte contre les insectes, les rongeurs et les microorganismes, est assurée à travers des mesures préventives. Le personnel doit être informé et formé et s'engager dans l'application de programmes de lutte tel que prescrit dans le manuel BPF/BPH. Des contrôles et des vérifications régulières dûment annotées permettent de mesurer l'efficacité des mesures et d'entreprendre, le cas échéant, les mesures correctives requises.

VII-Description des unités de séchage

Pour aboutir à l'objectif visé on a inventorié les différentes unités de séchage fonctionnelles au niveau de la région Nord-Ouest d'Algérie ; que nous citons dans le tableau ci-dessous n° 5 :

Tableau 5 : les différentes unités de séchage fonctionnelles au niveau de la région Nord-Ouest d'Algérie

Chapitre II : Présentation de l'unité de séchage

Société (SARL)	Lieu	Date de création	Secteur d'activité
Sarl Noujoum Transformation de fruits et Légumes	Tlemcen (Bab El Akaba cite Agadir)	2013	Transformation et conservation de Fruits et légumes : production de conserve de légumes par congélation ou surgélation ; déshydratation, appertisation, Lyophilisation
Sarl El Ouahab Fruits Secs	Tlemcen (Ain Hadjar Hennaya)	2013	Commerce de gros de la datte et des fruits confits
SARL MANAFIAA LILMOUSSABARAT	Tlemcen (Maghnia)	2007/2016	Production d'huile d'olive extra vierge. Production et séchage de pruneaux
Sarl Manufacture des fruits conflits	Sidi Bel Abbès (Ben Badis)		Produits biologiques

Pour l'information nous avons sollicité l'ensemble des sociétés, mais on n'a pas eu la possibilité d'effectuer le stage dans toutes les unités de séchage cités dans le tableau N° 5 pour plusieurs raisons parmi lesquels (les dispositifs prises pendant le Covid) sauf la Sarl Noujoum.

1- Sarl Noujoum pour la Transformation de fruits et Légumes

C'est une société Algérienne fonctionnelle dans le secteur privé à responsabilité limitée créée le 29/09/2013 sise à Tlemcen spécialisée dans la transformation et la production des fruits et légumes (Pruneaux, tomate séchée, poivron...).

La société opte le séchage à air chaud par des fours industriels (tunnels) selon la méthode décrite ci-dessus dans le chapitre II. Le produit fini est nommé El Firdaous conditionné en vrac de 5kg de différent (calibre Gros, moyens et petits) et en sachet de 500g. (Figure n°27).

C'est un investissement qui nécessite des efforts considérables par les dirigeants pour la disponibilité du produit local du terroir sur le marché Algérien.



Figure 25 : le siège de la Sarl Noujoum pour la transformation de fruits et Légumes (photo personnelle)



Figure 26 : les pruneaux El Firdaous (photo personnelle)



CHAPITRE III

Chapitre III Méthodologie, Résultats et Discussion

1-L'objectif du travail

L'objectif de notre travail est de procéder à l'évaluation de la qualité physico-chimique, et microbiologique des pruneaux conditionnés au cours de stockage à température ambiante.

Les analyses ont été effectuées sur le produit El Firdaous de la Sarl Noujoum de Tlemcen l'unité de séchage où nous avons effectué notre stage pendant la période du 06/02/2022 jusqu'au 20/02/2022.

Les analyses consistent à vérifier la conformité des produits alimentaires selon des critères bactériologiques et physico-chimiques et à détecter la présence de substances indésirables pouvant représenter un danger pour la santé humaine.



Figure 27 : Echantillon des pruneaux El Firdaous (photo personnelle)

Le Tableau ci-dessous présente les valeurs nutritionnelles du produit El Firdaous.

Tableau 6 : valeur nutritionnelle des pruneaux El Firdaous

Apport énergétique (210 Calories)			
Eau	39	Fer	2.5g
Protéine	2.5g	Vitamine E	2.3mg
Glucide	49g	Vitamine C	2mg
Lipides	0.4g	Vitamine B1	0.1mg
Fibres alimentaires	13g	Vitamine B2	0.2mg
Acide organique	1.6	Vitamine B6	0.13mg
Potassium	800mg	Magnésium	45mg
Phosphore	73mg	Calcium	50mg

Chapitre III Méthodologie, Résultats et Discussion

2- Analyse physico-chimique du produit fini aux cours de stockage

2-1 Matériels et réactifs pour l'analyse physico-chimique

Tableau 7 : Matériels utilisés pour les analyses physico-chimique

Verrerie et autre matériels	Appareillage
<ul style="list-style-type: none">- Creuset en céramique- Pince- Gants- Dessiccateur	<ul style="list-style-type: none">- PH-mètre électrique- Balance de précision- Etuve

2-2 Détermination du pH :

Principe

La détermination du pH est effectuée directement sur des échantillons de pruneau avec un pH-mètre optimal pour la mesure de pH dans les milieux non liquides, les aliments sous forme de pâte ou riches en protéines (le fromage ou les fruits).

Mode opératoire

Nous avons plongé l'électrode du pH-mètre dans chaque échantillon à analyser, puis laissé la valeur indiquée se stabiliser. Ce paramètre a déterminé électroniquement grâce à un pH mètre.

Tableau 8 : Données brutes de pH

N°Ech	E1			E2			E3		
Ph	4.05	3.98	3.93	3.70	3.67	3.72	4.7	4	3.7
Moy	3.98			3.69			4.13		

E : Echantillon

Moy : Moyenne

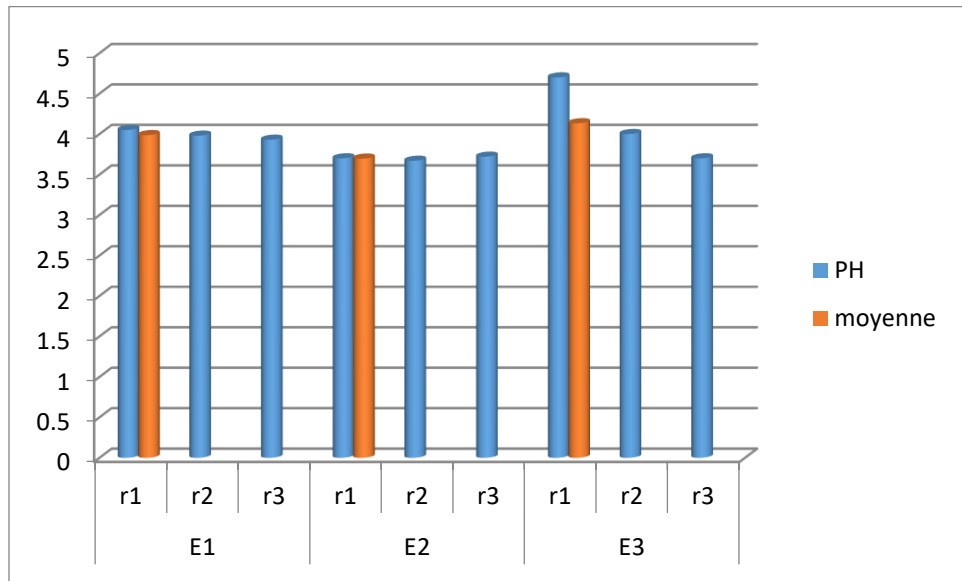


Figure 28 : Représentation graphique de la moyenne du pH mètre (photo personnelle)



Figure 29 : photo du pH-mètre (photo personnelle)

D'après les résultats obtenus dans le tableau N°8 nous constatons qu'il n'y a pas de différence significative entre la moyenne du pH de l'ensemble des échantillons (entre 3.98 et 4.13) donc il est acide et presque stable durant le stockage du produit.

Chapitre III Méthodologie, Résultats et Discussion

2-3 Taux d'humidité

Principe

L'humidité et la matière sèche sont deux paramètres complémentaires importants pour connaître la teneur en eau, et pouvoir estimer le rendement après séchage des fruits (**Ribéreau, 1968**).

La détermination du pourcentage du taux d'humidité part du principe du Dosage gravimétrique. La différence de poids entre le produit de départ P1 et le produit séché à l'étuve P2 se fait par pesage à l'aide d'une balance de précision. La différence de poids provient de l'évaporation de l'eau libre contenue dans l'échantillon. (**Favier J.C., Ireland-Ripert J., Laussucq C. & ; Feinberg M. (1993)**).

Mode opératoire

- Peser le produit P1
- Mettre P1 dans un creuset en céramique dont la masse est connue P0
- Mettre la préparation dans l'étuve à 105°C constant et y laisser le produit jusqu'à ce que toute trace d'eau soit éliminée (environ 24h).
- Refroidir la préparation
- Peser la préparation P2
- Faire la différence $X = (P1 + P0) - P2$
- Rapporter le résultat au pour cent
- Taux d'humidité : $H = (X * 100) / 10$
- P0 : Poids du creuset
- P1 : poids des pruneaux (g)
- P2 : Poids après séchage en étuve 105C°
- X : la différence $(P1 + P0) - P2$

Nous avons effectué 3 répétitions pour chaque échantillon (3) prises de lot différent au total de 9 échantillons.

Chapitre III Méthodologie, Résultats et Discussion



Figure 30 : les étapes de préparation (taux d'humidité) (photo personnelle)

Tableau 9 : Résultat du taux humidité des échantillons

N °	E1			E2			E3		
	P0	28.76	26.16	18.85	28.39	28.62	10.05	9.96	16.30
P1	9.56	11.6	16.78	5.27	6.55	26.6	15.7	12.37	13.28
P2	34.57	34.46	32.03	31.14	32.07	33.69	21.54	25.37	25.01
P1+P0	38.32	37.76	35.63	33.66	35.17	36.65	25.66	28.67	27.98
X	3.75	3.3	3.6	2.52	3.1	2.96	4.12	3.3	2.97
H	37.5	33	36	25.2	31	29.6	41.2	33	29.7

D'après les résultats obtenus, on note que la teneur moyenne en eau des différents échantillons de pruneaux est de 35.5% pour E1, elle est 28.6% pour E2 alors que pour le E3 au voisinage de 35%.

Ce qui confirme les études faites par **Favier et al ;(1993)** qui ont indiqué un intervalle d'humidité pour les pruneaux sec (30 à 35%).

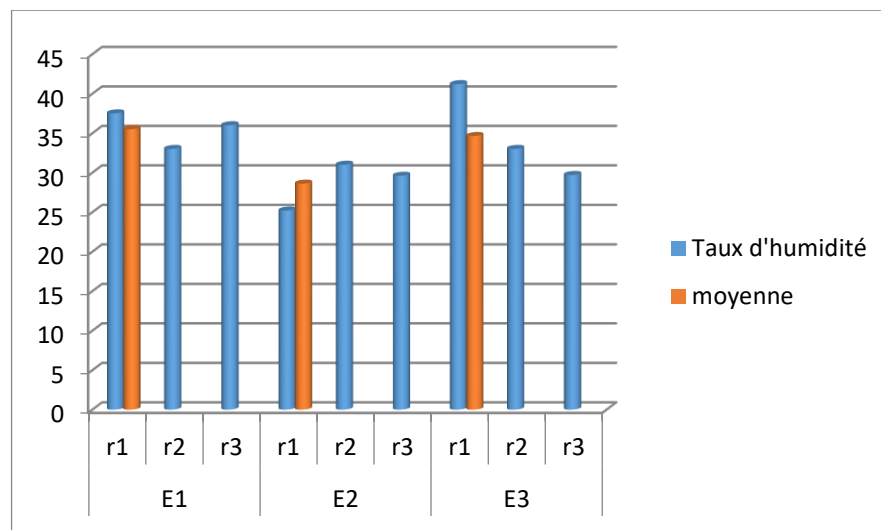


Figure 31 : Représentation graphique du taux d'humidité et la moyenne des Echantillons (photo personnelle)

3 -Analyses microbiologiques du produit fini aux cours du stockage

L'analyse microbiologique des produits alimentaires est indispensable pour assurer au produit une bonne qualité et une durée de conservation convenable. **(Rosier, 1985)**

Ce sont des entérobactéries, gram négative, oxydase négative, aérobies ou anaérobie facultatives, capable de fermenter le lactose en présence de sels biliaries avec production d'acide et gaz en 48heures à 37°C.

Les coliformes fécaux, présentent en plus une caractéristique liée à leur habitat, l'aptitude de se multiplier à 44°C. Enfin Escherichia coli ajoute également à ces propriétés, celle de se produire de l'indole à partir du tryptophane à 44°C. **(Bourgeois et leveau, 1996).**

La préparation des échantillons en vue d'une analyse microbiologique nécessite au préalable une prise d'essai dans des conditions aseptiques

Nous signalons que par manque de matériels nous avons effectué les analyses microbiologiques dans un laboratoire privé et nous avons obtenu les résultats indiqués dans le tableau N°10.

Chapitre III Méthodologie, Résultats et Discussion

Tableau 10 : Résultats des analyses microbiologiques des pruneaux (Technalab)

Germes Etudiés	1 ^{er}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}	Normes JORA N 04,2016
E coli	00	00	00	00	00	10
Moisissures	<10	<10	<10	<10	<10	10 ²
Salmonella	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence

En se basant sur les résultats obtenus dans le Tableau N°10, on remarque une absence totale de microorganisme observée durant le stockage.

Nous pouvons conclure que le pruneau est de bonne qualité hygiénique. Ceci semble être le résultat du respect du processus de fabrication et du conditionnement.



Conclusion

Conclusion

Les fruits et les légumes sont dans la plupart des cas, consommés frais et leur valeur nutritive est alors élevée. Les fruits saisonniers sont disponibles et consommés pendant une très courte période. Ils doivent donc être conservés pour être consommée en dehors de la saison de récolte. Plusieurs technologies sont employées dans l'industrie pour la conservation des fruits et légumes ; les méthodes les plus importantes sont la mise en conserves, la congélation et le séchage (**Jayaraman & Das Gupta, 2006**).

Parmi toutes les méthodes de conservation des aliments, le séchage reste une opération très avantageuse en raison de la durée de conservation longue, de la facilité de stockage à température ambiante et de la réduction de masse (transport).

Les Pruneaux d'Agen sont obtenus par le séchage (suivi ou non de réhydratation) de prunes récoltées à maturité optimale sans apport de matière sucrante. Ils sont de forme ovoïde, d'une couleur brun foncé à noir, d'un aspect brillant. Ils ont une texture souple et une chair brun-jaune à jaune-doré sans caramélisation. Ils sont obtenus par arrêt du séchage dès que le taux d'humidité du fruit est descendu entre 30 et 35%.

Nous avons inventorié les unités fonctionnelles dans le domaine du séchage et la transformation des fruits et légumes dans la région Ouest du pays ainsi effectué quelques analyses physico-chimiques, et microbiologique des pruneaux conditionnés et stocké à température ambiante des produits El Firdaous de la Sarl Noujoum de Tlemcen où nous avons effectué notre stage.

Parmi les analyses physico-chimiques réalisées, la détermination du pH sur des échantillons de pruneau de différents lots avec un pH-mètre optimal pour la mesure de pH dans les milieux non liquides (semi solide), et qui est de 3.98 à 4.13 acides et presque stable durant le stockage du produit. Le pH est un paramètre très important car il détermine la durée et la température auxquelles l'aliment doit être soumis pour éliminer l'activité microbologique et enzymatique, garantissant ainsi la stabilité du produit.

Le deuxième paramètre calculé est le taux d'humidité qui est important pour connaître la teneur en eau du fruit séché.

Le séchage est souvent utilisé pour allonger la durée de vie du produit ; en effet en même temps qu'on diminue l'humidité résiduelle du produit, on diminue l'eau libre disponible pour les réactions d'altération, c'est-à-dire l'activité de l'eau (a_w) qui diminue en dessous de l'activité minimale de développement des microorganismes (c'est-à-dire $a_w < 0.7$) il faut néanmoins

Conclusion

souvent descendre à des aw beaucoup plus faibles afin d'inhiber les réactions d'altération d'origine chimique et enzymatique (oxydation des lipides).

Le pourcentage de la teneur moyenne en eau des différents échantillons de pruneaux calculé est de 35.5% pour E1, elle est 28.6% pour E2 alors que pour le E3 au voisinage de 35%. Ce qui confirme les normes indiquées à un intervalle d'humidité de (30 à 35%).

Concernant les analyses microbiologiques effectuées dans un laboratoire privé ; les résultats obtenus montrent une absence totale de microorganismes observées durant le stockage.

Cette analyse est indispensable pour assurer au produit une bonne qualité et une durée de conservation convenable.

Pour conclure nous signalons qu' il faut pour obtenir des fruits séchés de meilleure qualité, la récolte des fruits se fait à leur maturité complète après des prétraitements qui, en plus, accélèrent le séchage et améliorent la qualité organoleptique du fruit séché et prolongent la durée de conservation, procéder à un emballage approprié ainsi que l'application des BPH (Bonnes Pratiques d'Hygiène) et du HACCP (Hazard Analysis Critical Control Points) permet de répondre aux exigences des marchés en termes de qualité sanitaire et de traçabilité.



Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

1. **Amelin et Souriau, 2014** : Fabrication de cuiseurs et de séchoirs solaires, CTA.
2. **Bchir, B., Besbes, S., Giet, J.-M., Attia, H., & Blecker, C., 2011** : Synthèse des connaissances sur la déshydratation osmotique/Synthesis of knowledge about osmotic dehydration. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 15(1), 129.
3. **Bennamoun and Belhamri, 2007** : Etude et caractérisation des transferts thermiques dans des matériaux de construction locaux. JITH 2007, Aug 2007,
4. **Bonazzi, C., et Bimbenet, J.-J. 2003** : Séchage des produits alimentaires Principes. Techniques de l'ingénieur. Agroalimentaire, 2 (F3000).
5. **Bonazzi, C., E. Dumoulin, et al., 2008** : "Le séchage des produits alimentaires." *Industrie Alimentaire Agricole* 125(03-04) : 12-22.
6. **Bonazzi, C., et Bimbenet, J.-J. 2008** : Séchage des produits alimentaires : Appareils et applications. Techniques de l'ingénieur. Agroalimentaire, 2(F3002).
7. **Bonazzi, C., & Dumoulin, E. 2011**: Quality changes in food materials as influenced by drying processes. *Modern drying technology, volume 3 : Product quality and formulation*, 1-20.
8. **Boroze, T. T. E, 2011** : "Outil d'aide à la conception de séchoirs pour les produits agricoles tropicaux."
9. **Boulemtafes, A, 2011** : "Le séchage solaire des produits agricoles."
10. **BOUGHALI, S. 2010** : "Etude et Optimisation du Séchage Solaire des Produits Agroalimentaires dans les Zones Arides et Désertiques," Université de Batna 2, 2010.
11. **Bourgeois C.M., Leveau J.Y. 1996** : Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires - Tome 3(2^e Éd.)
12. **Chalal, N., & Bennamoun, L. 2008** : Étude d'un séchoir solaire fonctionnant en mode direct et indirect. *Revue des Energies Renouvelables*.
13. **Cheng, W. M., Raghavan, G., Ngadi, M., & Wang, N. 2006**: Microwave power control strategies on the drying process I. Development and evaluation of new microwave drying system. *Journal of Food Engineering*, 76(2), 188-194
14. **Christine verdier, 2014**) Proceedings of the International Conference on Health Informatics, ESEO, Angers, Loire Valley, France,
15. **Cryotec, 2015. Concepteur** et fabricant de lyophilisateurs et d 'enceintes climatiques

16. **Dehghannya, J., Hosseinlar, S.-H., & Heshmati, M. K. 2018:** Multi-stage continuous and intermittent microwave drying of quince fruit coupled with osmotic dehydration and low temperature hot air drying. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 45, 132-151.
17. **El Mokretar, S., Miri, R., & Belhamel, M. 2004 :** Etude du bilan d'énergie et de masse d'un séchoir de type serre applications au séchage des produits agro-alimentaires
18. **El-Sebaï, A., S. Aboul-Enein, et al., 2002:** "Empirical correlations for drying kinetics of some fruits and vegetables." *Energy* 27(9): 845-859.
19. **Ekechukwu, O. V. et B. Norton, 1999:** "Review of solar-energy drying systems II: an overview of solar drying technology." *Energy conversion and management* 40(6): 615-655.
20. **Favier J.C., Ireland-Ripert J., Laussucq C. & ; Feinberg M., 1993 :** Répertoire général des aliments : Table de composition des fruits exotiques, fruits de cueillette d'Afrique (Tome3). Condé-sur-Noireau : Editions ORSTOM, Tech & ; Doc, INRA. Paris, France. p.1
21. **Fournier, V. 2003 :** Conservation des aliments. Université Laval, Canada; 16 p.
22. **Guiraud 1998 :** Microbiologie alimentaire. Techniques d'analyse microbiologiques. Ed, Dunod.
23. **Haque, K. E., 1999:** Microwave energy for mineral treatment processes—a brief review. *International Journal of Mineral Processing*, 57(1), 1-24.
24. **Heldman, D. R., D. B. Lund, et al. 2006:** Handbook of food engineering, CRC press.
25. **Jayaraman, K.S., Das Gupta, D.K. 2006:** Drying of fruits and vegetables. In: Handbook of industrial drying, (Ed.) A.S. Mujumdar, CRC Press. Florida, United States, 606-634.
26. **GINIDEX ALGERIE 2011 L'industrie de séchage de fruit -**
27. **Madhlopa et al., 2002:** "A solar air heater with composite-absorber systems for food dehydration." *Renewable Energy* 27 (1): 27-37.
28. **Mann et al., 2004:** "Renewable and sustainable energy reviews.
29. **Mathavi et al., 2013:** "New trends in food processing." *Int J Adv Eng Technol* 5(2): 176-187.
30. **Mennouche, 2006 :** "Valorisation des produits agro-alimentaires et des plantes médicinales par les procédés de séchage solaire." Mémoire de Magister, Université d'Ouargla.

31. **Midilli et Kucuk, 2003:** "Energy and exergy analyses of solar drying process of pistachio." *Energy* **28**(6) : 539-556.
32. **Ouaouich A. et Chimi H., 2005 :** Guide du sécheur de figes, Maroc. Projet de développement du petit entrepreneuriat agroindustriel dans les zones péri-urbaines et rurales des régions prioritaires avec un accent sur les femmes au Maroc. pp.1-27.
33. **Ozkan, I. A., Akbudak, B., & Akbudak, N., 2007:** Microwave drying characteristics of spinach. *Journal of Food Engineering*, **78**(2), 577-583.
34. **Perino, S. and F. Chemat, 2015 :** "Chauffage micro-ondes comme éco-procédé en industrie agroalimentaire." et hautes pressions. INPT.
35. **Jen-Marie Bourre, 2007** Salim Rashidi, « Valeur nutritionnelle du pruneau d'Agen », *Médecine et nutrition*,
36. **Raoul –wack 1989** Osmotic dehydration. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, **15**(1), 129.
37. **Ribereau-Gayon P., 1968 :** Les composés phénoliques des végétaux. Edition: Dunod, Paris. 1-201.
38. **Rozier. J et coll. 1985 :**« Bases microbiologiques de l'hygiène des aliments ». Ed : SAPALC, (Paris), p 11-176.
39. **Stacewicz-Sapuntzakis M, Bowen PE, Hussain EA, Damayanti-Wood BI, Farnsworth NR, 2001**« Chemical composition and potential health effects of prunes: afunctional food? », *Crit Rev Food Sci Nutr.*, vol. 41, no 4, 2001, p. 251-86
40. **Tinker LF, 1991 Schneeman BO, Davis PA, Gallaher DD, Waggoner CR.,** « Consumption of prunes as a source of dietary fiber in men with mild hypercholesterolemia. », *Am J Clin Nutr.*, vol. 53, no 5, 1991, p. 1259-65.
41. **Thu Ha Nguyen, 2015 :** Étude expérimentale et modélisation du procédé de séchage des végétaux. Génie des procédés. Université de Bretagne Sud, 2015. Français. FfNNT : 2015LORIS370ff. Fftel-01297965f
42. **Vasseur, J., 2009 :** Séchage : principes et calcul d'appareils-Séchage convectif par air chaud (partie 1).
43. **Wolff, E., & Gibert, H., 1988 :** Développements technologiques nouveaux en lyophilisation. *Journal of Food Engineering*, **8**(2), 91-108
44. **Yves Lespinasse 1990 :** travaux de recherche de l'INRA de Bordeaux, équipe de René BERNHARD

