

Introduction à la technologie de dessiccation de fruits et légumes

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 exposant 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.

Depuis les débuts de la civilisation, presque tous les peuples de notre planète ont recouru à la déshydratation ou au séchage des aliments. En fait, les plus anciens documents écrits sur le sujet, mentionnent que les Phéniciens ainsi que d'autres peuples pêcheurs de la Méditerranée avaient l'habitude de faire sécher leurs prises au grand air. Le séchage au soleil des feuilles de thé était très répandu chez les Chinois. Plusieurs autres cultures d'autrefois consommaient divers aliments déshydratés. Par exemple, quand certains anciens tombeaux Égyptiens ont été excavés récemment, les scientifiques ont découvert une variété d'aliments déshydratés, incluant des grains de blé. Lors d'une expérience, des grains âgés de plusieurs siècles furent par la suite réhydratés. Miraculeusement, ils germèrent, prouvant que la déshydratation est véritablement un moyen naturel et viable de préservation de la nourriture à long terme.

À l'époque des explorateurs du 15^e et 16^e siècles, la plupart des marins mangeaient une variété d'aliments séchés afin de garder la santé durant leurs voyages en mer. Par exemple, quand Colon a découvert le Nouveau Monde, les aliments déshydratés jouèrent un rôle important en soutenant son équipage et en prévenant l'apparition de maladies dites nutritionnelles comme le scorbut et le bérubéri.

Il y a des siècles, bien avant la venue des conserves et de la congélation, les autochtones d'Amérique préservaient leurs denrées en les faisant sécher au soleil.

Les fruits tels que les pommes, les poires et les pêches ; les légumes tel que le maïs, et les viandes tels que le cerf, le chevreuil, l'ours et le bison étaient tous déshydratés et conservés pour la saison froide. Quand les explorateurs arrivèrent, les Amérindiens leur montrèrent comment déshydrater la nourriture.

Aujourd'hui, dans les pays en voie de développement ou émergents, la surabondance saisonnière, accompagnée de prix très bas, pose un problème qui revient sans cesse dans la commercialisation de nombreux fruits et légumes. On pense le plus souvent y remédier par l'emmagasinage. Certes, la pratique de la réfrigération a permis d'allonger considérablement le laps de temps pendant lequel, pommes, agrumes, etc., peuvent être acheminés vers le marché. Mais, pour nombre d'autres produits, plus périssables de nature et de moindre valeur marchande, l'accès à l'emmagasinage est une impasse technique économique.

La dessiccation consiste à réduire la quantité d'eau dans un matériau ou un produit de consommation. Cette technologie a été développée notamment comme une alternative technologique de conservation à la congélation.

PROCEDES DE DESSICCATION

Il existe plusieurs procédés de dessiccation, résumés à :

- la dessiccation à chaud,
- la dessiccation à froid.

La dessiccation à chaud

La dessiccation à chaud fonctionne à la pression atmosphérique normale. Elle utilise différents procédés :

le séchage par air chaud direct.

Elle met en œuvre différents types de séchoirs et de tours d'atomisation ou de déshydratation. Ils sont adaptés à l'utilisation et à la circulation en circuit fermé pour les cellules de séchage et tapis continu.

Ces séchoirs sont équipés de brûleurs à air soufflé monoblocs, de brûleurs torche ou de brûleurs veine d'air, ce dernier procédé étant exclusivement au gaz.

Séchage thermique électrique par rayonnement infrarouge

Ce système de séchage peut-être utilisé en appoint (chauffage préliminaire) ou pour sécher directement un produit. Il est différent du séchage convectif.

Séchage et déshydratation indirects avec échangeur

Les séchoirs sont de différents types : à tambours rotatif, à tapis continu ou à plateaux chauffés à la vapeur. Equipés d'un échangeur à ailettes, à disque, à cylindre, à tubes, à plaque, à tambour... en fonction du procédé industriel. En général, l'échangeur est alimenté par de la vapeur ou par des gaz de combustion.

La dessiccation à froid sous vide

La dessiccation à froid sous vide utilise la propriété de l'eau dont la température d'évaporation varie en fonction de la pression comme le montre le tableau suivant. L'eau s'évapore à une température de 100 °C à la pression atmosphérique de 1013 mbar. Sa température d'évaporation est réduite à 0°C si la pression est abaissée à 6.10 mbar.

T° C	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	100
P (mbar)	6.10	8.72	12.13	17	23.4	31.7	42.4	73.8	123	199	1013

Si l'on soumet une pulpe de fruit à une basse pression, on abaisse la température d'évaporation de l'eau qu'elle contient.

De même, si l'on augmente la température pour une pression donnée, on augmente la vitesse d'évaporation de l'eau. Par exemple, une température de 40°C avec un vide de 12.13 mbar va entraîner une plus grande quantité d'eau évaporée en un temps donné.

DESCRIPTIF DU PROCEDE DE DESSICCATION SOUS VIDE

La dessiccation sous vide fonctionne à partir de 3 paramètres :

- la pression,
- la température de la matière soumise à dessiccation,
- la surface d'évaporation.

La pression

Il existe différents systèmes pour modifier la pression d'une enceinte. On peut les classer en 2 catégories :

- le vide hydraulique obtenu par le passage forcé de l'eau dans un hydro éjecteur ou anneau liquide,
- le vide mécanique obtenu par des pompes du même nom.

Le niveau de vide requis pour la dessiccation fait appel à la première catégorie : le vide hydraulique.

Pour avoir un meilleur rendement (de vide), le fluide moteur (eau) de l'hydro éjecteur et/ou de l'anneau liquide doit rester à basse température pour condenser la vapeur d'eau dont la température est augmentée lors de son passage de la phase liquide à la phase vapeur. Il est donc nécessaire de refroidir en permanence ce fluide qui sert à la fois :

- au maintien d'une basse pression dans l'enceinte de dessiccation et,
- à la condensation de la vapeur d'eau.

Ce refroidissement peut être obtenu (dans un condenseur) en le faisant passer de la phase liquide à la phase vapeur, entraînant un refroidissement de la phase liquide par l'élimination de la chaleur latente de vaporisation. Les calories nécessaires à la vaporisation sont prélevées dans l'air ambiant (procédé HOPPAL). La seule énergie consommée étant celle nécessaire à la circulation de l'eau dans le système et du flux d'air (ambiant pour l'Afrique) de réchauffage.

La température de la matière soumise à dessiccation

Compte tenu des « basses calories » (température inférieure à 100°C) utilisées dans la distillation sous vide, on peut prélever ces dernières dans le milieu ambiant à l'aide de capteurs solaires (soumis au rayonnement thermique) qui réchauffent un circuit hydraulique et d'un échangeur qui transmet les calories au produit soumis à dessiccation.

L'énergie consommée est limitée à celle de la pompe pour transférer les calories de l'échangeur au produit à déshydrater.

La surface d'évaporation

Un autre facteur de dessiccation est celui de la surface d'évaporation. Plus celle-ci est importante, plus la vitesse d'évaporation sera grande. Pour obtenir cette surface, des plateaux superposés sont utilisés dans le dessiccateur.

Les avantages de la dessiccation sous vide à basse température.

Les avantages de la dessiccation sous vide à basse température sont les suivants :

- la consommation énergétique,
- la sécurité alimentaire (bio contamination),
- la qualité organoleptique des aliments,
- la qualité nutritive des aliments (vitamines, protéines).

La consommation énergétique.

Elle est strictement réduite à l'énergie consommée par la circulation des fluides, liquides à l'aide de pompes, et gazeux à l'aide de ventilateurs. Elle est estimée à environ 100 Kwh par tonne d'eau évaporée et condensée.

La consommation d'un système de dessiccation à la pression atmosphérique, avec apport conventionnelle d'énergie pour le chauffage et la condensation de l'eau évaporée est de 1500 Kwh par tonne d'eau évaporée.

Le procédé de dessiccation sous vide à basse température permet à la fois une réduction de la consommation d'électricité mais également une réduction des émissions de CO₂.

Réduction de la consommation d'électricité

A titre d'exemple pour une production de 10 000 tonnes de pulpes de fruits frais, la quantité à évaporer est d'environ 80% soit 8 000 tonnes, ce qui représente une réduction de consommation annuelle de :

$$8\ 000\ T \times (1500\ Kwh - 100\ Kwh) = 11\ 200\ 000\ Kwh$$

A raison de 0.15 euros le Kwh au Sénégal, le montant financier de la réduction de consommation d'électricité est de :

$$11\ 200\ 000\ Kwh \times 0.15\ euros / Kwh = 1\ 680\ 000\ euros\ par\ an$$

Réduction des émissions de CO₂

1 Kwh représente l'émission de 1.5 Kg de CO₂.

La valeur d'échange du Kg de CO₂ dans le cadre des échanges de quotas de CO₂ est 6.5 euros la tonne de CO₂

La valeur d'échange correspondant à la réduction d'émission de CO₂ est donc de :

$$(11\ 200\ 000\ Kwh \times 1.5\ Kg\ CO_2) = 14\ 560\ 000\ kg = 14\ 560\ tonnes\ CO_2$$

$$14\ 560\ tonnes\ CO_2 \times 6,5\ euros / T\ CO_2 = 94\ 640\ euros\ par\ an$$

La sécurité alimentaire (bio contamination)

Le vide a un effet fortement inhibiteur sur le développement de micro organismes et possède dans certains cas des propriétés germicides.

Par ailleurs, la pulpe du fruit est pré conditionnée avant dessiccation sur son support final d'emballage, évitant ainsi des contaminations dues à des manipulations excessives après la dessiccation.

La qualité organoleptique des aliments

La qualité organoleptique des aliments n'est pas altérée car les produits ne sont pas soumis à des températures pouvant entraîner une décomposition thermique par thermolyse (T° de la matière < 50°C).

La qualité nutritive des aliments (vitamines, protéines)

La qualité nutritive des aliments (vitamines, protéines) n'est pas altérée en particulier pour les vitamines. Par exemple la mangue est très riche en vitamine A.

LA FABRICATION DE L'EQUIPEMENT

Tous les équipements nécessaires au fonctionnement du procédé pourront être fabriqués au Sénégal à l'exception de quelques uns qui ne sont pas utilisés couramment comme les hydro éjecteurs et autre annexes de vide comme les brides et joints spécifiques .

Le travail d'engineering consistera :

- à vérifier sur place la disponibilité des matériaux et équipements et la capacité technique de mise en œuvre (chaudronnerie inox notamment).
- A prendre en compte les conditions locales climatiques qui conditionnent le procédé et les sources d'énergies disponible (énergie solaire, température, humidité, ressources en eau, ...)

Pour les mêmes raisons, la fabrication d'un prototype permettra d'optimiser les possibilités de fabrication locale et donc les coûts de fabrication et notamment pour les paramètres suivants :

- les coûts de main d'œuvre,
- les taxes à l'importation,
- les équipements de contrôle adapté aux conditions locales : automatisation réduite en adéquation avec la disponibilité de main d'œuvre.

Les prestations d'engineering couvrent les prestations suivantes :

- l'étude et la construction du prototype,
- les essais de dessiccation sur différents produits.

LES APPLICATIONS DU PROCEDE

Ce procédé est applicable sur différents produits (fruits et légumes, algues) sous réserve d'essais sur prototype afin d'adapter les différents paramètres de dessiccation.

On peut citer notamment :

- les mangues, ananas et papayes,
- les tomates,
- certaines algues dont l'algue rouge et la spiruline.

Certains produits contenant des substances vaporisables aux mêmes conditions de température et de pression que l'eau ne pourront pas être traités par ce procédé (exemple : les oignons)

Annexes techniques

Préparation des fruits

Pour certains fruits comme la mangue fibreuse et la papaye, il est intéressant de faire une purée que l'on séchera en couche mince (0,5 cm à 1 cm d'épaisseur). Le produit fini est souvent appelé cuir parce qu'au toucher il est pliable et mou.

Le cuir de mangue est délicieux. La saveur et le sucre de la mangue s'y trouvent concentrés. La texture rappelle celle des friandises que l'on mastique un peu comme des jujubes. Avec ce mode de préparation nous pouvons utiliser à peu près n'importe quelle combinaison de fruits, d'épices et de condiments.

Par exemple, il est possible d'ajouter du miel, du sucre blanc, d'autres purées de fruits, des noix, des épices. Il y a de nombreuses combinaisons à essayer.

Les fruits sont pelés, coupés et/ou broyés ; cela dépend de la destination finale du produit déshydraté.

On fait en général sécher les fruits jusqu'à ce que leur pourcentage d'humidité soit inférieur à 20%. Les fruits bien séchés sont pliables, ils ont souvent une texture de cuir et n'ont pas de traces de jus ou d'humidité à la surface.

Désinfection des fruits

Selon la qualité bactériologique des produits et les risques de contamination lors de la préparation, il peut être envisagé le lavage surfacique des fruits avant broyage, et celui du matériel et des mains des opérateurs avec de l'eau traitée par le procédé Hoppal 3.14 Technologie, qui, grâce à l'oxygène naissant contenu dans l'eau de lavage permet une désinfection des éléments précités sans ajout de chlore (ou de tout autre halogène) transférable à la matière à déshydrater, afin de n'engendrer aucune altération des qualités organoleptiques du produit.