

Détermination des isothermes de sorption de dattes Deglet Nour entreposées en Tunisie

Mohsen Achour*
Salem Hamdi
Lamia Benzarti

École supérieure
des industries alimentaires,
Esiat,
8, avenue Alain-Savary,
Tunis 1003, Tunisie

Defining the sorption isotherms of Deglet Nour dates stored in Tunisia.

Abstract — Introduction. Sorption isotherms determine the hygroscopicity in dates and anticipate the impact of any variations in the ambient relative humidity (RH) on the moisture content of the fruit during storage. Such isotherms help maintain a premium quality fruit. **Materials and methods.** Dates were placed in storage rooms with increasing rates of relative humidity controlled with appropriate saline solutions. The moisture content of the dates was followed until the moisture exchanges between the fruit and its surroundings had reached an equilibrium. Dry and semidry Deglet Nour dates were used for the experiment. The analysis of the moisture content of both types of fruit, stored at 25 °C, was performed on two batches of dates: natural or untreated dates and treated dates coated with a glucose mixture. **Results and discussion.** With a relative humidity inferior to 50%, both types of dates experience dehydration which is all the more significant when the RH is low. With a relative humidity exceeding 50%, hydration increases as the ambient RH rises. For the same RH, recorded gains and losses in water are lower in treated dates than in untreated dates. The glucose mixture therefore appears to act as a physical barrier preventing the surrounding moisture from penetrating the fruit itself. **Conclusion.** The use of sorption isotherms and the coating of dates should help expand the longevity of the stored fruit as well as protect its quality. (© Elsevier, Paris)

Tunisia / *Phoenix dactylifera* (fruits) / keeping quality / relative humidity / water activity

Détermination des isothermes de sorption de dattes Deglet Nour entreposées en Tunisie.

Résumé — Introduction. Les isothermes de sorption déterminent l'hygroscopicité des dattes et permettent de prévoir l'influence des variations de l'humidité relative (HR) ambiante sur leur teneur en eau durant l'entreposage, d'où un meilleur contrôle du maintien de la qualité du produit. **Matériel et méthodes.** Les dattes ont été placées dans des enceintes à taux d'HR croissants, contrôlés par utilisation de solutions salines adaptées. Leur teneur en eau a été suivie jusqu'à atteinte d'un équilibre des échanges d'eau entre l'intérieur et l'extérieur du fruit. Des dattes Deglet Nour sèches et demi-sèches ont été utilisées. Pour chacun de ces types, les teneurs en eau des fruits entreposés à 25 °C ont été étudiées sur deux lots de dattes : des dattes naturelles (non traitées) et des dattes enrobées par un sirop de glucose (traitées). **Résultats et discussion.** Lorsque HR est inférieure 50 %, les deux types de dattes subissent une déshydratation qui est d'autant plus importante que HR est basse. Lorsque HR est supérieure à 50 %, l'hydratation des dattes augmente à mesure que l'HR ambiante croît. Pour une même HR, les gains et pertes d'eau des dattes traitées sont plus faibles que ceux des dattes naturelles. Le sirop de glucose constituerait une barrière physique contre le passage de l'eau entre le milieu environnant et le corps de la datte. **Conclusion.** L'utilisation des isothermes de sorption et l'enrobage des fruits devraient permettre de prolonger la durée de conservation et de maintenir la bonne qualité des dattes durant l'entreposage. (© Elsevier, Paris)

Tunisie / *Phoenix dactylifera* (fruits) / aptitude à la conservation / humidité relative / activité de l'eau

* Correspondance et tirés à part

Reçu le 27 mars 1997
Accepté le 21 juillet 1998

Fruits, 1999, vol. 54, p. 123–128
© Elsevier, Paris

RESUMEN ESPAÑOL, p. 127

1. introduction

Parmi les cultures d'exportation de la Tunisie, celle de la datte occupe la troisième place ; cette production agricole est en pleine expansion. La variété la plus exportée est la Deglet Nour qui a pu assurer plus de 40 % des besoins de l'union européenne [1] ; elle offre une valeur marchande élevée. L'importance commerciale de ces dattes et leur réputation de produit de haute qualité nécessite que soient maîtrisées et surtout améliorées les techniques de conservation et d'entreposage.

Durant la période de stockage des dattes, certains phénomènes peuvent affecter la qualité organoleptique et la composition physico-chimique des fruits. C'est ainsi qu'un phénomène de cristallisation de sucre à la surface des dattes peut apparaître ; les fruits humidifiés peuvent se dessécher, se réhumidifier, fermenter ou brunir ; des altérations microbiennes peuvent se produire à la suite du développement de certains micro-organismes. Il est donc important de veiller tout particulièrement aux conditions d'entreposage des dattes, et notamment à la température et au taux d'humidité de l'air ambiant de l'enceinte de stockage, qui doivent être bien contrôlés.

L'enrobage des dattes par un sirop de glucose est utilisé par les conditionneurs pour remédier à certains des phénomènes d'altération évoqués : cela permettrait de créer un film protecteur autour du fruit qui limiterait les pertes en eau par évaporation ou par transpiration, éviterait la cristallisa-

tion de sucre à la surface des dattes du fait du pouvoir anti-cristallisant du sirop [2] et limiterait les phénomènes d'échange de matière du fruit avec le milieu extérieur. Le contrôle de ces phénomènes pourrait être facilité par utilisation des isothermes de sorption d'eau des dattes qui indiquent quel est le taux d'humidité relative que doit avoir l'air ambiant, à une température donnée, pour que les fruits entreposés soient en équilibre, c'est-à-dire pour qu'ils ne s'hydratent, ni se déshydratent [3].

Les travaux présentés, orientés vers l'amélioration des conditions d'entreposage et de la durée de conservation des dattes, ont surtout cherché à mieux maîtriser la technique de glaçage des dattes à l'aide d'un sirop de glucose apte à faciliter le stockage du produit. L'objectif a été de déterminer les isothermes de sorption des dattes Deglet Nour tunisiennes naturelles et de celles enrobées au sirop de glucose, afin de pouvoir évaluer l'influence du glaçage sur l'entreposage et l'équilibre hygrométrique des dattes.

2. matériel et méthodes

L'expérimentation mise en place a cherché à étudier les conditions d'équilibre entre la teneur en eau de la datte et une atmosphère ayant une humidité relative constante obtenue par utilisation de solutions salines saturées placées en dessiccateurs ou enceintes hermétiques.

2.1. réalisation d'une humidité relative constante

Les solutions salines saturées utilisées pour disposer, à une température donnée, d'une gamme d'humidité relative de l'atmosphère ont été obtenues à partir de cinq sels (*tableau D*). Elles jouent le rôle d'un régulateur de pression de vapeur dans le dessiccateur [4].

2.2. échantillons de datte et paramètres d'équilibre

L'étude a porté sur des échantillons de dattes Deglet Nour sèches et demi-sèches.

Tableau I.

Taux d'humidité relative mesurés dans des enceintes hermétiques, à 25 °C, contenant différentes solutions salines saturées [6].

| Sel | Taux d'humidité relative (%) |
|--|------------------------------|
| K ₂ SO ₄ | 97,3 |
| NaCl | 75,2 |
| Na ₂ Cr ₂ O ₇ (2H ₂ O) | 53,9 |
| K ₂ CO ₃ | 43,2 |
| MgCl ₂ (6H ₂ O) | 33,0 |
| NaOH | 8,2 |

Leurs teneurs en eau – de 17,33 g·100 g⁻¹ matière sèche (ms) pour les dattes sèches et de 18,67 g·100 g⁻¹ ms pour les demi-sèches – ont été expérimentalement déterminées par étuvage à 120 °C pendant 24 h, puis comparaison des masses initiales et finales des échantillons pesés sur une balance de précision à 10⁻² g près.

L'équilibre de vapeur d'eau correspondant à un arrêt d'échange d'eau entre des dattes entreposées et leur milieu environnant a été mesuré pour des dattes naturelles (non traitées) et des dattes enrobées d'un sirop de glucose (traitées).

Les échantillons traités ont été préparés à partir de dattes sèches et demi-sèches préalablement triées et calibrées, trempées dans un sirop de glucose à 40 % de ms, 37 % de dextrose équivalent et pH de 5,46, puis égouttées et séchées.

Des échantillons de 60 g de dattes traitées et non traitées, découpées, ont alors été répartis dans une série de dessiccateurs contenant chacun l'une des solutions salines saturées (*tableau I*) et maintenu à une température de 25 °C (± 2 °C). L'évolution du poids des morceaux de dattes a alors été suivie par une pesée effectuée tous les 5 d¹ jusqu'à obtention d'un poids cons-

tant (à ± 5 %) traduisant l'équilibre entre les teneurs en eau externes et internes des fruits.

3. résultats et discussion

Les isothermes de sorption, qui expriment, à l'équilibre, pour une température déterminée, la quantité d'eau contenue dans les dattes en fonction de l'humidité relative de l'air, ont pu être déterminés, à 25 °C, pour les dattes sèches (*tableau II*) et demi-sèches (*tableau III*), traitées ou non traitées.

Selon la teneur en eau de l'échantillon de départ, il y a un gain ou une perte d'humidité par la datte, qui dépendent des conditions hygroscopiques du milieu environnant. Cela s'explique par la différence des pressions de vapeurs d'eau qui s'établit entre les fruits et l'atmosphère qui les entoure. Le sirop de glucose joue un rôle protecteur contre l'hydratation et la déshydratation des dattes (*tableaux II et III*). Les dattes demi-sèches, qui contiennent un taux de sucres totaux et de sucres réducteurs plus élevés que les dattes sèches [5], ont une affinité à l'eau plus prononcée que les dattes sèches.

¹ d = day : unité recommandée pour « jour ».

Tableau II.

Isothermes de sorption mesurés à 25 °C pour des dattes Deglet Nour demi-sèches, à teneur en eau de 18,67 g·100 g⁻¹ de matière sèche (ms) au début de l'expérimentation. Comparaison entre des dattes naturelles (non traitées) et des dattes préalablement enrobées d'un sirop de glucose (traitées).

| Taux d'humidité relative ambiante (%) | Teneur en eau de la datte (g·100 g ⁻¹ ms) | | Taux de gain ou de perte d'eau de la datte (%) | |
|---------------------------------------|--|---------|--|---------|
| | Non traitée | Traitée | Non traitée | Traitée |
| 8,2 | 6,00 | 8,01 | - 67,9 | - 57,1 |
| 33,0 | 11,43 | 12,11 | - 38,8 | - 35,1 |
| 43,2 | 16,43 | 17,17 | - 12,0 | - 8,0 |
| 53,9 | 20,19 | 18,88 | + 8,1 | + 1,1 |
| 75,9 | 21,59 | 18,89 | + 15,6 | + 1,2 |
| 97,3 | 26,49 | 22,20 | + 41,9 | + 18,9 |
| 100,0 | 38,25 | 32,61 | + 104,9 | + 74,7 |

+ : taux d'hydratation.

- : taux de déshydratation.

Tableau III.

Isothermes de sorption mesurés à 25 °C pour des dattes Deglet Nour sèches, à teneur en eau de 17,33 g·100 g⁻¹ de matière sèche (ms) au début de l'expérimentation. Comparaison entre des dattes naturelles (non traitées) et des dattes préalablement enrobées d'un sirop de glucose (traitées).

| Taux d'humidité relative ambiante (%) | Teneur en eau de la datte (g·100 g ⁻¹ ms) | | Taux de gain ou de perte d'eau de la datte (%) | |
|---------------------------------------|--|---------|--|---------|
| | Non traitée | Traitée | Non traitée | Traitée |
| 8,2 | 5,24 | 8,75 | - 69,8 | - 49,6 |
| 33,0 | 7,17 | 10,97 | - 58,6 | - 36,7 |
| 43,2 | 13,39 | 14,38 | - 22,7 | - 17,0 |
| 53,9 | 19,02 | 17,96 | + 9,8 | + 3,6 |
| 75,9 | 19,61 | 18,21 | + 13,2 | + 5,1 |
| 97,3 | 26,18 | 21,31 | + 51,1 | + 23,0 |
| 100,0 | 31,60 | 24,65 | + 82,3 | + 42,2 |

+ : taux d'hydratation.

- : taux de déshydratation.

Cela explique qu'à des humidités élevées le taux d'adsorption est généralement plus élevé pour les dattes demi-sèches que pour les dattes sèches (*tableaux II et III*).

Le glaçage entraîne, sur les dattes, la formation d'une couche superficielle qui est en contact direct avec l'humidité relative environnante du fruit. La déshydratation des dattes est donc influencée par la présence du sirop de glucose formant le glaçage, par l'humidité relative ambiante et par la teneur en eau initiale des échantillons. En tenant compte de ces facteurs, des résultats obtenus et du principe des transferts de matière, deux cas peuvent se présenter selon que l'humidité relative (HR) du milieu environnant est supérieure ou inférieure à 50 %.

À des humidités relatives élevées (HR > 50 %), les dattes naturelles et celles enrobées d'un sirop de glucose subissent une hydratation croissante qui est fonction de l'humidité relative ambiante. Cependant, à un taux d'humidité relative donné supérieur à 50 %, les dattes traitées absorbent moins d'eau que les dattes naturelles (*tableaux II et III*). Cela est dû à la présence de la couche protectrice du sirop de glucose qui constitue une barrière physique

contre le passage de l'eau du milieu environnant vers le corps de la datte. Le phénomène d'hydratation du fruit se ferait en trois étapes :

a) transfert, par convection, de la vapeur d'eau de l'air vers la surface de la datte,

b) adsorption de l'eau au niveau de la surface du fruit aboutissant à une fixation de la vapeur d'eau dans les pores,

c) transfert de la vapeur d'eau à l'intérieur de la datte par une diffusion à travers les pores ou à travers le solide.

À des humidités relatives inférieure à 50 %, les deux types de dattes, traitées ou non traitées, subissent une déshydratation d'autant plus prononcée que le taux d'humidité relative de l'air ambiant est bas. Cependant, pour une valeur de HR donnée inférieure à 50 %, le taux de déshydratation des dattes traitées est toujours inférieur à celui des dattes naturelles. Cela peut être expliqué par deux phénomènes majeurs :

a) la couche du sirop de glucose, à travers laquelle l'eau doit diffuser avant de passer de la datte vers le milieu extérieur, joue le rôle d'une barrière physique et limite la perte d'eau par le fruit,

b) l'affinité du sirop de glucose à l'eau permet de maintenir à la surface du fruit

une concentration d'eau supérieure à celles du milieu environnant et, par conséquent, de diminuer le gradient de concentration en eau qui existerait entre le corps de la datte et sa surface si elle était nue. Cette atténuation du gradient entraîne une diminution du taux de déshydratation.

Lorsque les taux d'HR sont bas, le sirop de glucose a tendance à se dessécher limitant ainsi la déshydratation du fruit, alors que la datte naturelle, sans protection et soumise à un gradient de concentration en eau plus élevé entre sa surface et sa chair, se déshydrate davantage. Cependant, l'effet barrière du sirop de glucose est plus prononcé dans le cas du phénomène d'hydratation que dans celui de déshydratation (*tableaux II et III*). Cela est dû au fait que le mécanisme de la déshydratation est principalement contrôlé par la diffusion de l'eau de l'intérieur de la datte vers sa surface nue ou protégée, qui, comme toute diffusion moléculaire, est un phénomène relativement lent.

4. conclusion

Les isothermes de sorption des dattes Deglet Nour tunisiennes, naturelles ou enrobées d'un sirop de glucose, déterminés au cours de ces travaux, permettent de prédire les taux d'humidification et de séchage des fruits entreposés à 25 °C, à divers taux d'humidité relative de l'enceinte de stockage. Ces valeurs identifiées expérimentalement devraient permettre de mieux maîtriser et contrôler à l'avenir les conditions

d'entreposage pour un meilleur maintien de la qualité des dattes exportées.

La comparaison des isothermes des dattes naturelles et de celles soumises à un glaçage a mis en évidence le rôle important que peut jouer le sirop de glucose dans la limitation des échanges d'eau entre les dattes entreposées et le milieu environnant. L'enrobage des fruits permettrait de prolonger la durée de conservation et de maintenir la bonne qualité de ces dattes durant l'entreposage.

La validation et la détermination des paramètres des modèles théoriques de sorption appliqués aux dattes naturelles et traitées par un sirop de glucose feront l'objet de travaux ultérieurs.

références

- [1] Anonyme, Catalogue officiel Agroleader 95, Utica, Tunis, 1995.
- [2] Gauthier A., Guerin B., Oztlieb J., Les sirops, Cdiupa, Paris, France, vol. 18, 1978.
- [3] Cheftel J., Cheftel H., Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments, vol. 1, Technique et documentation / Entreprise moderne d'édition, Paris, France, 1976.
- [4] Castaigne F., L'activité de l'eau en conservation, Département de Sciences et technologie des aliments, Université Laval, PQ, Canada, 1992.
- [5] Dawson V., Aten A., Récolte et conditionnement des dattes, FAO, Rome, Italie, 1963.
- [6] Palipane K.B., Driscoll R.H., Moisture sorption characteristics of in-shell macadamia nuts, J. Food Eng. 18 (1) (1993) 63-76.

Determinación de los isoterms de sorción de dátiles Deglet Nour almacenados en Túnez.

Resumen — Introducción. Los isoterms de sorción determinan la higroscopicidad de los dátiles y permiten prever la influencia de las variaciones de la humedad relativa (HR) ambiente sobre el contenido de agua de los dátiles durante el almacenamiento, de allí se controla mejor el mantenimiento de la calidad del producto. **Material y métodos.** Los dátiles fueron colocados en recintos con tasa de HR crecientes, controlados mediante utilización de soluciones

salinas adaptadas. Se siguió vigilando su contenido de agua hasta alcanzar un equilibrio de los intercambios de agua entre el interior y el exterior de la fruta. Se utilizaron dátiles Deglet Nour secos y semi-secos. Para cada uno de estos tipos, se estudiaron los contenidos de agua de las frutas almacenadas a 25 °C en dos lotes de dátiles: dátiles naturales (no tratados) y dátiles envueltos en un jarabe de glucosa (tratados). **Resultados y discusión.** Cuando el HR es inferior a un 50%, ambos tipos de dátiles aguantan una deshidratación que es tanto lo más importante que HR es bajo. Cuando HR es superior a un 50%, la hidratación de los dátiles aumenta conforme el HR ambiente crece. Para un mismo HR, las ganancias y pérdidas de agua de los dátiles tratados son más bajas que las de los dátiles naturales. El jarabe de glucosa constituiría una barrera física contra el paso del agua entre el medio ambiente y el cuerpo del dátil. **Conclusión.** La utilización de los isotermos de sorpción y la envoltura de las frutas deberían permitir prorrogar la duración de conservación y mantener la buena calidad de los dátiles durante el almacenamiento. (© Elsevier, Paris)

Túnez / *Phoenix dactylifera* (frutas) / aptitud para la conservación / humedad relativa / actividad del agua

