

Maturation précoce des figes par l'huile d'olive: Implication de la voie de signalisation de l'éthylène

M. BIDRI¹

(Reçu le 30/04/2018; Accepté le 24/06/2018)

Résumé

La figue, fruit charnu du figuier, consommée sous forme fraîche et surtout séchée, constitue une source importante de vitamines, minéraux, glucides, acides organiques, fibres et polyphénols. La figue et les feuilles du figuier possèdent de nombreuses propriétés pharmacologiques et sont ainsi utilisées en médecine traditionnelle pour traiter diverses affections. Ainsi, par exemple, grâce à sa richesse en fibres, la figue constitue un excellent remède contre la constipation. Pour accélérer la maturation des figes et augmenter le rendement de façon uniforme, on pratique la technique de la maturation par l'huile d'olive. Celle-ci consiste à badigeonner l'ostiole de la figue avec une petite goutte d'huile. La maturation des figes traitées est obtenue au bout de 5 à 8 jours. Le mécanisme de maturation des figes induite par l'huile d'olive n'est pas totalement élucidé. Toutefois, ce traitement des figes augmente le taux de respiration et induit la synthèse d'éthylène, raccourcissant ainsi leur durée de maturation. Cette biosynthèse d'éthylène induite par l'huile n'a été observée que dans les figes. Les caractères organoleptiques des figes mûries par l'huile sont comparables à ceux des fruits mûris naturellement. En effet, la taille et la couleur des figes sont similaires et la teneur en sucres réducteurs et en acide malique dans les figes sont aussi comparables. Néanmoins, une légère augmentation des teneurs en potassium, phosphore et en azote a été observée dans les figes mûries par l'huile. Quoiqu'il en soit, des recherches supplémentaires concernant la composition nutritionnelle des figes mûries par l'huile d'olive sont nécessaires pour rassurer le consommateur sur l'absence de nocivité des fruits ainsi traités.

Mots-clés: Maturation des figes, huile d'olive, éthylène, caractères organoleptiques, composition biochimique.

Early maturation of figs with olive oil: involvement of the ethylene signaling pathway

Abstract

Fig, the fleshy fruit of the fig tree, consumed in fresh form and especially dried, is an important source of vitamins, minerals, carbohydrates, organic acids, fibers and polyphenols. The fig and the leaves of the fig tree have numerous pharmacological properties and are thus used in traditional medicine to treat various conditions. For instance, because of its high fiber content, the fig is an excellent remedy for constipation. To speed up maturation of the figs and to increase the yield in a uniform way, one practices the technique of maturation by olive oil. This consists of basting the ostiole of the fig with a small drop of oil, a process termed as oleification. The maturation of the treated figs is obtained after 5 to 8 days. The mechanism of maturation of figs induced by olive oil is not fully elucidated. However, this treatment of figs increases the respiration rate and induces ethylene synthesis, thus shortening their maturation time. This oil-induced ethylene biosynthesis has only been observed in figs. The organoleptic characteristics of the figs matured by the oil are comparable to those of naturally ripened fruits. Indeed, the size and color of figs are similar and the content in reducing sugars and malic acid in figs are also comparable. Nevertheless, a slight increase in potassium, phosphorus and nitrogen contents has been observed in the figs matured by the oil. Anyway, further researches on the nutritional composition of figs matured by olive oil are necessary to reassure the consumer on their absence of harmfulness.

Keywords: Maturation (ripening) fig, oleification, olive oil, ethylene, organoleptic characteristics, biochemical composition.

INTRODUCTION

Le figuier (*Ficus carica* L.) est un arbre de la famille des Moracées, caractéristique des zones méditerranéennes, où sa culture et son utilisation constituent une tradition ancienne. Il s'agit d'une espèce qui présente une grande diversité génétique. En effet, il existe plus de 600 variétés de figes. Ces variétés sont classées en quatre catégories: les figes vertes (ou blanches), les figes jaunes, les figes grises (ou rouges) et les figes noires (ou violettes). Les figes *bifères* donnent deux récoltes par an et les *unifères* fructifient une seule fois en fin d'été.

La figue, fruit du figuier, est un faux-fruit charnu. Il s'agit en réalité d'une inflorescence creuse en forme d'urne, appelée synconium et contenant de nombreux graines

(akènes). Elle est consommée sous forme fraîche, séchée, en conserve ou sous d'autres formes préservées.

Le figuier est originaire du sud-ouest de l'Asie et de la méditerranée orientale et c'est l'une des premières plantes qui ont été cultivées par l'homme. Les fruits du figuier constituent une source importante de vitamines, minéraux, glucides, acides organiques, fibres et de polyphénols (notamment les anthocyanidines et les flavonoïdes). Ainsi, les figes contiennent plus de composés phénoliques que le thé, pourtant considéré comme une source importante de composés phénoliques (Mawa *et al.*, 2013).

Grâce à sa richesse en fibres, la figue constitue un excellent remède contre la constipation. Par ailleurs, les fruits et les feuilles du figuier possèdent de nombreuses proprié-

¹ Laboratoire de Biologie des Urgences, Hôpitaux universitaires, La Pitié Salpêtrière - Charles Foix. bidri@yahoo.com

tés pharmacologiques. Ainsi, on leur prête des activités d'ordre anti-inflammatoire, antioxydante, antitumorale, hépatoprotectrice, hypoglycémiant, hypolipidémiant et antimicrobienne (Badgular *et al.*, 2014; Mawa *et al.*, 2013). Les fruits et les feuilles du figuier sont en outre utilisés en médecine traditionnelle pour traiter diverses affections telles que les troubles gastro-intestinaux (coliques, indigestion, constipation), les troubles respiratoires (maux de gorge, toux), les douleurs menstruelles et certaines maladies infectieuses (dermatose, gale et gonorrhée) (Badgular *et al.*, 2014; Mawa *et al.*, 2013).

Maturation normale des figes: rôle de l'éthylène

Le développement de la capacité à mûrir chez les fruits climactériques est dû à leur propriété particulière qui est de pouvoir synthétiser de l'éthylène ou de répondre à ce composé. La maturation de la fige, fruit climactérique (Paul *et al.*, 2012), est accompagnée d'un pic respiratoire et d'une brusque production d'éthylène. Ce dernier est un gaz incolore, considéré comme une hormone végétale que la plupart des fruits produisent en quantité variable, entraînant ainsi le mûrissement du fruit, même lorsque celui-ci est déjà cueilli.

Le cycle de biosynthèse de l'éthylène est le cycle de Yang (Van de Poel *et al.*, 2012). Après conversion de l'acide aminé méthionine en S-adénosylméthionine (SAM), qui est la forme activée de cet acide aminé, la SAM ainsi synthétisée est ensuite transformée dans une première étape par l'enzyme ACC synthétase (ACS) en acide 1-aminocyclopropane-1-carboxylique (ACC), qui est le précurseur direct de l'éthylène. La seconde étape correspond à l'oxydation de l'ACC en éthylène par l'ACC oxydase (ACO). Ces enzymes, ACS et ACO, sont codés par une famille multigénique (Paul *et al.*, 2012).

La simplicité structurelle de l'éthylène (C₂H₄) contraste avec la complexité des processus physiologiques régulés par ce gaz. Des études initiales ont suggéré que la voie de transduction du signal éthylène serait une voie linéaire qui va des récepteurs d'éthylène jusqu'à des facteurs de transcription nucléaires (Guo et Ecker 2004). Par ailleurs, les récepteurs de l'éthylène seraient des régulateurs négatifs du signal éthylène et leur activité pourrait être inhibée par la fixation de la molécule d'éthylène (Cancel et Larsen 2002). Cependant, des découvertes plus récentes ont considérablement modifié ce point de vue. En effet, les modèles actuels suggèrent l'existence d'une voie de signalisation complexe et il y existerait un réseau régulateur multifactoriel impliqué dans la biosynthèse et la signalisation de l'éthylène pendant le développement et la maturation des fruits (Stepanova et Alonso 2009; Liu *et al.*, 2015).

Enfin, on pratique fréquemment l'utilisation des inhibiteurs des récepteurs de l'éthylène pour prolonger la durée de vie des fruits climactériques, une fois cueillis. Ces inhibiteurs sont des régulateurs végétaux de synthèse comme le 1-méthylcyclopropène (1-MCP), dont la liaison au site actif des récepteurs de l'éthylène inhibe les processus de maturation dépendant de l'action de l'éthylène.

Accélération de la maturation des figes par des huiles ou d'autres composés

La maturation des fruits est un phénomène physiologique complexe, génétiquement programmé, et caractérisé par des changements dans la couleur, la texture, la saveur, l'arôme et dans la teneur en composés biochimiques. Pour accélérer la maturation des figes et augmenter de façon uniforme le rendement des fruits, on utilise fréquemment la technique de maturation par l'huile d'olive. C'est d'ailleurs une technique pratiquée depuis des millénaires. Elle consiste à badigeonner l'ostiole de la fige avec une petite goutte d'huile d'olive, permettant ainsi de stimuler la croissance et la maturation uniforme des fruits.

Utilisation de différents types d'huiles

Selon la nature de la substance utilisée, la maturation des figes est obtenue au bout de 5 à 8 jours. Les figes mûries par l'huile ont la même taille et la même couleur que celles mûries naturellement.

Dans les années 60, une équipe japonaise s'est intéressée à la maturation des figes par l'huile. Cette équipe a travaillé plus particulièrement sur la variété «Masui Dauphine» largement cultivée au Japon. Il s'agit d'une variété de fige violette à noire, connue en France sous plusieurs noms: aubicot, grosse violette longue, noire de Languedoc.

Cette équipe a étudié les effets de différentes huiles (végétale, animale et minérale) sur l'accélération de la maturité des figes en déterminant le temps nécessaire pour obtenir leur maturité après traitement (Hirai *et al.*, 1966). Selon ces auteurs, pour obtenir une meilleure réponse, l'application de l'huile doit être pratiquée pendant une période très limitée correspondant à la fin de la période II de la croissance de la fige, lorsque le fruit a atteint une largeur d'environ 34 mm. Au bout d'un ou deux jours après traitement, les fruits traités par les huiles végétales commencent à augmenter en taille et au bout de six jours, ces figes atteignent la maturité et «la pleine couleur», alors que les figes non traitées restent vertes et dures. La taille et la couleur des figes mûries par traitement sont identiques à celles des figes mûries naturellement (Hirai *et al.*, 1966).

L'utilisation des huiles animales entraîne également la maturation des figes, mais l'effet est moindre que celui obtenu avec les huiles végétales. En effet, les figes mûrissent en 8 jours après traitement par une huile d'origine animale. Concernant les huiles minérales, l'effet n'est pas constant et il est inférieur à celui des huiles végétales ou animales. A noter qu'aucun effet n'a été observé avec l'utilisation de la paraffine liquide (Hirai *et al.*, 1966). Plus récemment, il a été rapporté que les figes traitées par l'éthéphon (donneur d'éthylène) et l'huile d'olive mûrissaient au bout de 7 jours tandis que les figes traitées par l'auxine (hormone végétale) mûrissaient au bout de 10 jours. A noter que, dans la même étude, les fruits non traités mûrissaient au bout de 14 jours (Owino *et al.*, 2006).

Illustration pratique

Pour illustrer ce phénomène, nous avons sélectionné une branche contenant plusieurs figes de taille homogène de la variété verte «blanche», répandue au nord du Maroc, et connue sous le nom de «Chetoui». Nous avons ensuite appli-

qué une petite goutte d'huile d'olive sur l'ostiole de certaines figues (à l'aide d'un petit roseau) (Figure 1). Ce traitement a permis de stimuler la croissance et la maturation des figues. En effet, la maturation a été obtenue au bout de 5 jours après application de l'huile (Figures 2A, 2B et 2C). Il est à noter que les figues non traitées restent encore vertes et dures, et que la taille et la couleur des figues mûres avec l'huile d'olive sont similaires à celles des figues mûres naturellement (Figure 3).



Figure 1: Application de l'huile d'olive sur l'ostiole de la figue



Figure 2A: Maturation des figues traitées par l'huile d'olive à J1 (les flèches désignent les figues traitées)



Figure 2B: Maturation des figues traitées par l'huile d'olive à J3 (les flèches désignent les figues traitées)



Figure 2C: Maturation des figues traitées par l'huile d'olive à J5 (les flèches désignent les figues traitées)



Figure 3: Récolte des figues mûres par l'huile

Mécanisme de la maturation des figues par l'huile

Le mécanisme par lequel l'huile induit la croissance et la maturation des figues n'est pas tout à fait élucidé. Dans les années 60, une équipe japonaise (Hirai *et al.*, 1967) a observé que le traitement des figues par l'huile induit la synthèse d'éthylène (Hirai *et al.*, 1967). Cette même équipe a montré que la biosynthèse d'éthylène est aussi obtenue par l'utilisation de substances volatiles comme l'acétaldéhyde et l'éthylène lui-même (Hirai *et al.*, 1968).

Plus récemment, l'équipe d'Owino (Owino *et al.*, 2006) a confirmé le rôle de l'éthylène dans la maturation des figues par l'huile d'olive. En effet, cette équipe a observé que l'utilisation de trois substances, à savoir l'huile d'olive, l'auxine et l'éthéphon, induit la synthèse d'éthylène dans les figues traitées sur l'arbre.

Cette équipe a aussi étudié les mécanismes régulateurs de la biosynthèse de l'éthylène en réponse à ces trois substances. Pour ce faire, elle a utilisé la même variété de figue que l'équipe japonaise à savoir la variété «Masui Dauphine».

Les résultats obtenus montrent que l'utilisation de l'éthéphon et de l'huile d'olive stimule la croissance des figues

à un rythme plus rapide que celui induit par l'utilisation d'auxine. En effet, les figes «sur arbre» traitées par l'huile d'olive et l'éthéphon mûrissaient au bout de 7 jours environ, alors que les fruits traités par l'auxine mûrissaient 10 jours après le traitement. A noter que les fruits non traités mûrissaient au bout de 14 jours (Owino *et al.*, 2006). Ainsi, la biosynthèse de l'éthylène induite par l'huile d'olive est une caractéristique unique qui n'a été rapportée que chez les figes (Owino *et al.*, 2006).

Il est à noter que la production d'éthylène dans les figes traitées par l'huile d'olive, de l'auxine ou du propylène est induite par le 1-MCP et est inhibée par le propylène, indiquant la présence d'un mécanisme de rétrocontrôle négatif. D'autre part, l'augmentation de la synthèse de l'éthylène par le 1-MCP dans les figes traitées avec de l'huile d'olive, montre que la voie de la synthèse de l'éthylène induite par l'huile d'olive est ACC-dépendante (Owino *et al.*, 2006).

Fait intéressant, trois gènes codant pour l'acide 1-aminocyclopropane-1-carboxylique (ACC) synthase (*Fc-ACS1*, *Fc-ACS2* et *Fc-ACS3*) et un gène codant pour l'ACC oxydase (*Fc-ACO1*) ont été isolés dans les figes (Owino *et al.*, 2006). Il a été montré que l'application d'huile d'olive module l'expression de ces gènes (Owino *et al.*, 2006). En effet, on constate dans les figes déjà cueillies et traitées après avec de l'huile d'olive une accumulation de l'ensemble des transcrits pour ces gènes un jour après le traitement, bien que l'augmentation des ARNm codant pour *Fc-ACS2* soit plus faible que pour les autres ARNm. Néanmoins, le traitement combiné avec de l'huile d'olive et du 1-MCP inhibe l'accumulation des transcrits codant *Fc-ACS1*, *Fc-ACS3* et *Fc-ACO1*, mais induit l'accumulation des transcrits *Fc-ACS2*. Enfin, le traitement combiné avec de l'huile d'olive et du propylène augmente l'expression des transcrits codant pour *Fc-ACS1* et *Fc-ACO1*, mais inhibe celle des transcrits de *Fc-ACS2*.

Ainsi, plusieurs voies régulatrices de la synthèse de l'éthylène sont impliquées dans la maturation des figes et il apparaît que l'implication de chacune de ces voies dépend spécifiquement de la nature de l'inducteur ou du stimulus tels que l'huile d'olive, l'auxine ou un donneur d'éthylène.

Bien qu'il n'est toujours pas possible d'affirmer avec certitude le mécanisme précis par lequel l'huile d'olive (ou certaines huiles végétales) induit la synthèse de l'éthylène dans les figes, l'équipe d'Owino (Owino *et al.*, 2006) a émis l'hypothèse selon laquelle ce composé serait produit par un mécanisme inconnu et qu'il agirait alors comme un déclencheur de l'auto-inhibition de sa propre synthèse.

Propriétés organoleptiques et composition biochimique des figes mûrées par l'huile

C'est au cours de la maturation que s'élabore la qualité organoleptique des fruits. En effet, pendant la maturation des fruits climactériques, de nombreux changements biochimiques sont observés: accroissement intense de la production d'éthylène, de la respiration, de l'émission de composés organiques volatils et de l'hydrolyse de l'amidon d'une part et diminution des taux des acides organiques et régression de la chlorophylle, d'autre part. Ce sont ces changements importants qui modifient la couleur,

la composition, les arômes, la saveur et la texture et qui vont conférer aux fruits leurs qualités organoleptiques et nutritionnelles. En effet, au cours de la maturation, on observe une augmentation de la teneur en sucres réducteurs, une diminution des acides organiques et une augmentation de la synthèse d'arômes (Emaga *et al.*, 2008). La saveur d'un fruit dépend en particulier de sa teneur en sucres.

Propriétés organoleptiques

Les caractéristiques organoleptiques (saveur, arôme, texture ...) des figes mûries par l'huile d'olive sont presque similaires à celles des figes mûries naturellement. Il est à noter que la taille et la couleur des figes mûries après traitement avec de l'huile sont identiques à celles des figes mûries naturellement, comme le montre l'illustration pratique (Fig. 3 et Fig. 2B et Fig. 2C), confirmant des travaux plus anciens (Hirai *et al.*, 1968).

Composition biochimique

La teneur en amidon dans les figes traitées avec de l'huile d'olive augmente pendant les 2 premiers jours après le traitement mais diminue brusquement après, ce qui fait que sa teneur est relativement faible dans les figes mûrées (Hirai *et al.*, 1967). Parallèlement à cette baisse de la teneur en amidon, la teneur en sucres réducteurs augmente progressivement dans les figes mûrées. Ainsi, la teneur maximale en sucres réducteurs est atteinte à la maturité à la fois dans les figes traitées et celles non traitées et représente respectivement 12,5% et 13,8 % du poids frais des fruits (Hirai *et al.*, 1967). Il est aussi à noter que la teneur en acide malique dans les figes traitées augmente rapidement et atteint un maximum 2 jours après le traitement puis diminue brusquement. De ce fait, la teneur en acide malique dans les figes traitées à maturité est faible et représente 0,02 % de la matière fraîche du fruit (Hirai *et al.*, 1967).

Par ailleurs, les teneurs en azote et en phosphore dans les figes traitées diminuent graduellement au fur et à mesure que le fruit mûrit, tandis que la teneur en potassium augmente légèrement à partir du 4^{ème} jour après le traitement et jusqu'à sa maturité, succédant ainsi à une baisse de cette teneur au début du traitement. Enfin, la teneur en ces trois principaux éléments (azote, phosphore et potassium) dans les figes traitées et mûrées est légèrement plus élevée que dans les figes mûries naturellement (Hirai *et al.*, 1967).

CONCLUSION

On pratique, depuis des temps anciens, la technique utilisant l'huile d'olive afin de mûrir précocement les figes et augmenter le rendement. Il est à noter que le mécanisme de maturation des figes par l'huile d'olive emprunte la voie de la biosynthèse de l'éthylène et que cette synthèse est ACC-dépendante. Ainsi, l'application d'huile d'olive accélère les processus biochimiques dans les figes traitées, raccourcissant ainsi leur durée de maturation.

Par ailleurs, les caractéristiques organoleptiques des figes mûrées avec l'huile d'olive sont similaires à celles des figes mûrées naturellement. En effet, la taille et la couleur des figes sont comparables dans les deux cas. De

même, les teneurs en sucres réducteurs et en acides organiques, notamment l'acide malique, sont similaires dans les deux circonstances. Enfin, une légère augmentation des teneurs en potassium, en phosphore et en azote dans les figes mûries par l'huile d'olive a été observée par rapport aux figes mûries naturellement.

En conclusion, bien qu'un certain nombre de caractéristiques biochimiques liées à la maturation des figes par application d'huile d'olive soient maintenant mieux connues, des travaux complémentaires concernant la composition nutritionnelle des figes mûries par l'huile d'olive sont encore nécessaires pour rassurer le consommateur.

REMERCIEMENTS

Je remercie le Professeur Michel Arock pour une relecture attentive de cet article et pour les corrections qu'il y a apportées.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Badgujar S.B., Patel V.V., Bandivdekar A.H., Mahajan R.T. (2014). Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of *Ficus carica*: a review. *Pharm. Biol.*, 52:1487-503.
- Cancel J.D., Larsen P.B. (2002). Loss-of-function mutations in the ethylene receptor ETR1 cause enhanced sensitivity and exaggerated response to ethylene in *Arabidopsis*. *Plant Physiol.*, 129: 1557-67.
- Emaga T.H., Wathelet B., Paquot M. (2008). Changements texturaux et biochimiques des fruits du bananier au cours de la maturation, leur influence sur la préservation de la qualité du fruit et la maîtrise de la maturation. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 12: 89-98.
- Guo H., Ecker J.R. (2004). The ethylene signaling pathway: new insights. *Curr. Opin. Plant Biol.*, 7: 40-9.
- Hirai J., Hirata N., Horiuchi S. (1967). Effect of oleification on hastening the maturity of the fig fruit. II Respiration and changes in the concentrations of metabolic substances in the treated fig fruit with rape seed oil. *J. Japan Soc. Hort. Sci.*, 36:36-44.
- Hirai J., Hirata N., Horiuchi S. (1968). Effect of oleification on hastening the maturity of the fig fruit. VI. Respiration and changes in the concentrations of metabolic substances in the treated fruits with products in oxidative process of fatty acid such as acetaldehyde or ethylene. *J. Japan Soc. Hort. Sci.*, 37: 20-29.
- Hirai J., Hirata N., Tada H. (1966). Effect of oleification on hastening the maturity of the fruit. I. On the time of application and kinds of oils. *J. Japan Soc. Hort. Sci.*, 35: 354-360.
- Liu M., Pirrello J., Chervin C., Roustan J.P., Bouzayen M. (2015). Ethylene control of fruit ripening: Revisiting the complex network of transcriptional regulation. *Plant Physiol.*, 169: 2380-90.
- Mawa S., Husain K., Jantan I. (2013). *Ficus carica* L. (*Moraceae*): Phytochemistry. Traditional uses and biological activities. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, Vol. 2013, Article ID 974256, 8 pages.
- Owino W.O., Manabe Y., Mathooko F.M., Kubo Y., Inaba A. (2006). Regulatory mechanisms of ethylene biosynthesis in response to various stimuli during maturation and ripening in fig fruit (*Ficus carica* L.). *Plant Physiol. Biochem.*, 44: 335-42.
- Paul V., Pandey R., Srivastava G.C. (2012). The fading distinctions between classical patterns of ripening in climacteric and non-climacteric fruit and the ubiquity of ethylene-An overview. *J. Food Sci. Technol.* 49:1-21.
- Stepanova A.N., Alonso J.M. (2009). Ethylene signaling and response: where different regulatory modules meet. *Curr. Opin. Plant Biol.*, 12: 548-555.
- Van de Poel B., Bulens I., Markoula A., Hertog M.L., Dreesen R., Wirtz M., Vandoninck S., Oppermaun Y., Keulemans J., Hell R., Waelkens E., De Proft M.P., Sauter M., Nicolai B.M., Geeraerd A.H. (2012). Targeted systems biology profiling of tomato fruit reveals coordination of the Yang cycle and a distinct regulation of ethylene biosynthesis during postclimacteric ripening. *Plant Physiol.*, 160: 1498-1514.