Etude de l'effet des UV-C sur la qualité des fruits des clémentiniers Cadoux et Ain Taoujdate.

Hamza A.[1], El Guilli M.[1], Clement C.[2] et Ait Barka E.[2]

[1] Institut National de la Recherche Agronomique, Centre Régional de la Recherche Agronomique de Kénitra, Maroc.
[2] Université de Reims, Laboratoire de Stress, Défenses et Reproduction des Plantes, France.

Résumé

Différentes doses d'ultra violet-C (UV-C, 254 nm) 0; 8,75; 17,5; 35 et 70 Kj/m² ont été appliquées aux fruits de clémentinier (Citrus reticulata blanco) variétés Cadoux et Ain Taoujdate. Vingt fruits de chaque variété ont reçu différentes doses d'UV-C sur les parties stylaire et pédonculaire. Une semaine après traitement, nous avons mesuré les paramètres de qualité du fruit suivants: poids, taux de peau, taux de jus, acidité, sucres solubles totaux, °Brix et indice de maturité.

Pour les deux variétés testées, une dose de 8,75 Kj/m² s'est avérée la meilleure, résultant d'une qualité organoleptique et extérieure du fruit identique au témoin. En effet, les paramètres de qualité du fruit n'ont pas été affectés par le traitement UV-C à cette dose. En revanche, à partir de la dose 35 Kj/ m², des plages nécrotiques ont été visiblement observées sur les fruits. Cette étude a montré le potentiel des UV-C pour la préservation de la qualité organoleptique et externe des clémentines Cadoux et Ain Taoujdate.

Mots clés : *Agrumes, irradiation ultraviolet, acidité, Brix, qualité.*

دراسة تأثير الأشعة فوق البنفسجية على جودة فواكه الكليمانتين كادو وعين تاوجدات

عبد الحق حمزة، محمد الكيلي، كريستوف كلمون والسعيد آيت بركة[2]

ملخص

عدة جرعات من الأشعة فوق البنفسجية-س(UV- C ،254 nm) 0 ؛ 8,75 ؛ 17,5 ؛ 35 و70 كيلو جول/م^2 تم تفعيلها على صنفي فاكهة الكليمانتين : كادو وعين تاوجدات.

عشرون فاكهة من كل صنف تلقت عدة جرعات من هذه الأشعة على الجانبين، العلوي والسفلي.

أسبوعا بعد ذلك، قمنا بقياس معايير الجودة الآتية لذا الفاكهة: الوزن، نسبة القشرة، نسبة العصير، الحموضة، السكريات المحللة، البريكس ومعدل النضج.

أظهرت التجربة، لذا الصنفين وعلى غرار الشاهد، أن الجرعة 8،75 كيلوجول/م^2 أبانت على فعالية عالية، بحيث لم تؤثر على الجودة الداخلية والخارجية لذا الفاكهة. بالمقابل، لاحظنا ظهور تشوهات بينة على قشرة الفاكهة ابتداءا من جرعة 35 كيلو جول/م^2.

بينت هذه الدراسة مدى فعالية الأشعة فوق البنفسجية-س للحفاظ على الجودة الداخلية والخارجية لدى الكليمانتين كادو وعين تاوجدات.

الكلمات المفتاحية : الحوامض، الإشعاع ما فوق البنفسجي، الموالح، درجة البريكس، جودة.

Study of the effect of the UV-C on the quality of the fruits of the clementines Cadoux and Ain Taoujdate

Summary

Various ultraviolet light-C (UV-C, 254 nm) dosis 0; 8,75; 17,5; 35 et 70 Kj/m² were applied to clementine (Citrus reticulata blanco) fruits from Cadoux and Ain Taoujdate. Tweenty fruits of each variety received different UV-C doses at the blossom and stem ends. One week after treatment, the following parameters of fruit quality were analyzed: weight, juice rate, skin rate, acidity, TSS, °Brix and maturity index. In both varieties, no differences in fruit quality parameters were found between the control fruits and those treated with 8,75 Kj/m² of UVC. However, lesion areas were visible on fruits irradiated with 35 Kj/m² UV-C or more. This study showed the potential of UV-C for the preservation of both internal and external qualities of Cadoux and Ain taoujdate fruits.

Key words : *Citrus, ultraviolet irradiation, acidity, Brix, quality.*

Introduction

Les maladies de post-récolte causent des dégâts importants (Eckert et Ogawa, 1985; Janisiewicz et Koesten, 2002). L'utilisation des fongicides de synthèse reste le moyen le plus utilisé. Sur les agrumes, plusieurs fongicides sont appliqués au niveau des différentes étapes de conditionnement (exemples : Drencher, applicateur de cire, etc.). Cependant, l'utilisation intensive de ces fongicides, notamment les benzimidazoles, a été à l'origine de l'apparition de souches résistantes (Holmes et Eckert, 1999). De plus, l'utilisation de l'imazalil, comme produit de remplacement, a également réduit la sensibilité de *Penicillium digitatum* à ce fongicide. Par ailleurs, la plupart des pays importateurs d'agrumes ont adopté des législations très strictes vis-à-vis des résidus de pesticides tolérés sur les fruits. La recherche d'alternatives de lutte permettant, d'une part, de réduire les dégâts dus aux maladies post-récolte et, d'autre part, de répondre aux contraintes imposées par le consommateur et par le marché international. est devenue une des priorités du secteur agrumicole.

Plusieurs méthodes alternatives aux traitements chimiques sont actuellement étudiées. Certaines sont capables de retarder la sénescence et/ou de contrôler des maladies et des désordres physiologiques de fruits et légumes tout en préservant leurs qualités après la récolte (Paull, 1990; Lurie, 1998; Wisniewski *et al.*, 2001). Entre autres, citons le traitement photochimique UV-C, pour lequel les effets bénéfiques ont été identifiés comme étant l'activation des mécanismes de défense contre les infections (Arul *et al.*, 2001 ; Barka, 2001) et le ralentissement du processus de sénescence (Barka *et al.*, 2000a, 2000b; Barka, 2001; Gonzalez-Aguilar *et al.*, 2001; Charles *et al.*, 2003 ; Stevens *et al.* 2004; Shama and Alderson, 2005 ; Charles et. al. 2005) prolongeant ainsi la durée de vie du fruit ou du légume. Toutefois, les effets bénéfiques du traitement au UV ne sont observés qu'en utilisant une dose hormique des UV-C.

Actuellement, le consommateur est de plus en plus préoccupé par la qualité des produits d'origine végétale. En terme de sécurité alimentaire, il accorde une importance majeure à la présence ou l'absence des résidus de pesticides sur les produits végétaux ainsi qu'à leurs qualités organoleptiques.

Le défi actuel en recherche est d'améliorer la qualité externe (aspect visuel) des fruits et légumes, en post-récolte, sans altération de leurs compositions chimiques et leurs qualités internes (organoleptiques). Les UV-C sont parmi les nouvelles technologies, utilisées seules ou combinées à d'autres techniques telles que la réfrigération, l'atmosphère modifiée et le traitement thermique qui permettent de conserver les produits horticoles d'une manière efficace (Artés, 2000 ; Allende et Artés, 2003).

Des essais préliminaires conduits au CRRA de Kénitra, sur fruits de différentes variétés d'agrumes, ont montré que les irradiations UV-C assurent un niveau de protection élevé vis-à-vis de la pourriture bleue et ont déterminé les conditions d'utilisation des UV-C (Ouhammou, 2007).

Cependant, peu de travaux ont examiné l'influence des irradiations UV-C sur les aspects qualitatifs des produits horticoles en général et ceux des agrumes en particulier.
De ce fait, nous nous sommes fixés pour objectif dans cette étude de déterminer l'effet de différentes doses d'UV-C sur la qualité interne et externe en post-récolte des fruits de deux variétés de clémentiniers, Cadoux et Ain Taoujdate.

Matériel et méthodes

1- Matériel végétal

Des fruits de clémentinier (*Citrus reticulata blanco*) Cadoux et Ain Taoujdate arrivés à maturité ont été récoltés du domaine expérimental El Menzeh (CRRA de Kénitra). Les fruits sains et de calibre homogène ont été sélectionnés et retenus pour l'expérimentation. Ils ont été ensuite lavés à l'eau du robinet et rincés à l'eau distillée puis séchés avant d'être traités aux UV-C.

2- Traitement aux UV-C

Le traitement aux UV-C consiste à placer les fruits dans une chambre obscure de 30x120x25 cm, puis à les irradier à l'aide de deux lampes UV-C (VL- 230.G, 2x30W, 254 nm). L'intensité d'irradiation est mesurée à l'aide d'un radiomètre (MS-100 UVP, UK). Chaque lot de 20 fruits reçoit une dose correspondante d'UV-C de 8,75 ; 17,5 ; 35 et 70 Kj/m² sur la partie stylaire et pédonculaire. Vingt fruits non traités aux UV sont utilisés comme témoins. Les fruits sont ensuite placés dans des bacs en PVC, protégés par un film plastique noir et incubés à 25°C pendant une semaine avant leur analyse.

3- Mesures

Le poids des fruits des différents traitements a été mesuré avant et après traitement aux UV-C, à l'aide d'une balance électronique (XB 2200C, France). Les autres paramètres de qualité des fruits : % peau, % jus, % acidité, sucres solubles totaux (TSS) et indice de maturité ont été mesurés après traitement aux UV-C. Le jus a été extrait des fruits à l'aide d'un extracteur électrique (Santos, France) à 1500 tr/mn. Le poids de la peau et du jus a été pondéré, chacun à part, au poids de l'échantillon des fruits pour le calcul du pourcentage de chacun de ces paramètres. Pour le titrage de l'acidité (A) du jus, une liqueur de soude (Na OH) 0.1N, neutralisée par une solution d'oxalate (9.84g d'acide oxalique/ 1 litre d'eau distillée) a été utilisée. Une solution de phénophtaléine de 1% a été utilisée comme indicateur coloré de la zone de virage à l'équilibre chimique acide/base. Le volume de jus dosé est de 10cc.

L'acidité a été exprimée en pourcentage d'acide citrique anhydride. Le degré Brix (E) a été déterminé par un réfractomètre (PAL-1, Atago, Tokyo Tech. Award). L'indexe de maturité a été déduit par le rapport E/A.

Analyses statistiquess

Toutes les données ont été analysées via le système d'analyse statistique SAS par l'analyse de la variance (ANOVA).
Cinq traitements (doses de UV-C) ont été considérés plus un témoin (non traité). 20 fruits ont été testés pour chaque traitement avec trois répétitions pour chaque variable mesurée (perte de poids, taux de peau, taux de jus, acidité, sucres solubles totaux, °Brix et indice de maturité).
Le test T de Student a été utilisé pour la comparaison des moyennes des échantillons appariés (avant et après traitement).

Résultats et discussion

1- Effet du traitement aux UV-C sur le poids des fruits

Pour les deux variétés, Ain Taoujdate et Cadoux, après une semaine à 25°C, les taux de perte de poids des fruits chez le témoin et les différents traitements ne diffèrent pas significativement au seuil de 5%. En effet, des taux de 0,45% et 0,55% de perte de poids des fruits ont été enregistrés chez les témoins contre une perte moyenne de 0,49 % + 0,0 3 et 0,52% + 0,04 chez les fruits traités aux différentes doses d'UV-C respectivement chez Ain Taoujdate et Cadoux.
Ces pertes de poids sont négligeables et normales et sont dues éventuellement à la transpi-

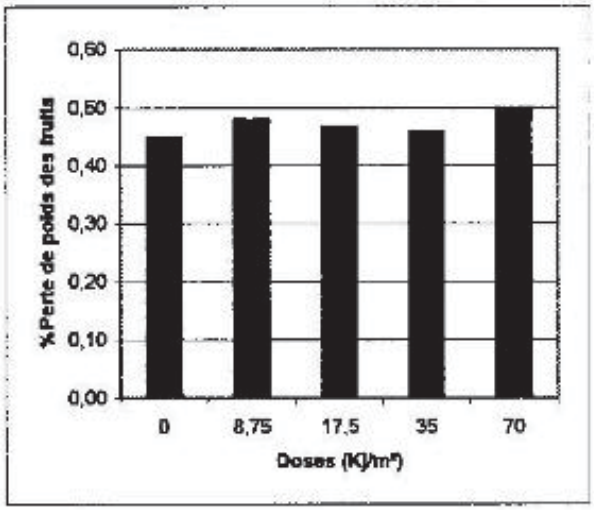

Figure 1: Perte de poids des fruits de Ain Taoujdate après traitement aux UV-C

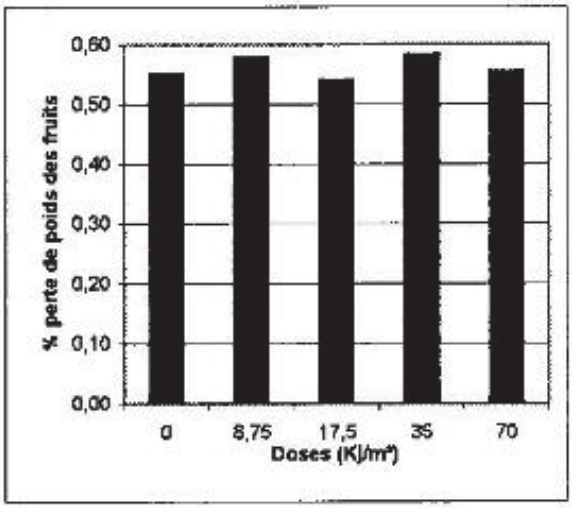

Figure 2: Perte de poids des fruits de Cadoux après traitement aux UV-C

ration des fruits (Figures 1 et 2). Burton (1982) et Ben-Yehoshua (1987) ont suggéré que les fruits et les légumes n'étaient plus commercialisables lorsqu'ils perdent 5 à 10% de leur poids, confirmant ainsi, que les UV-C n'affectent pas le poids des fruits des deux variétés de clémentinier testées.

2- Effet du traitement aux UV-C sur la peau des fruits

Pour les deux variétés, des nécroses ont été visibles sur la surface des fruits qui ont reçu une dose de 35 Kj/m², ces nécroses étaient plus marquées sur les fruits qui ont reçu 70 Kj/m² (Photo 1). Par contre, les fruits traités aux doses 8,75 et 17,5 Kj/m² sont restés d'apparence normale. En outre, il n'y a aucune différence significative entre les pourcentages des poids de la peau, par rapport au fruit, entre le témoin et les différents traitements. Il est de 22,92 + 0,07 et 22,24% + 0,05 respectivement chez le témoin et les différents traitements de Ain Taoujdate (Figure 3); et de 22,42 et 22,84% respectivement chez le témoin et les différents traitements Cadoux (Figure 4).

En terme de qualité, la dose 8,75Kj/m² s'est montrée efficace dans la mesure où elle a préservé la qualité externe du fruit mais elle ne peut pas être considérée comme dose hormique. Des doses inférieures doivent être appliquées pour déterminer la dose bénéfique aux clémentines. D'hallewin *et al.* (1999) ont montré que la réponse du fruit aux irradiations UV-C dépend du cultivar, la dose du traitement et de la date de récolte. En effet, Ben-Yehoshua *et al.*(1992) ont rapporté qu'une dose de 5 Kj/m² appliquée sur des fruits de citron est apparue optimale alors que Rodov *et al.* (1992) a montré que la dose 9 Kj/m² est nécessaire pour induire des effets bénéfiques à l'orange.

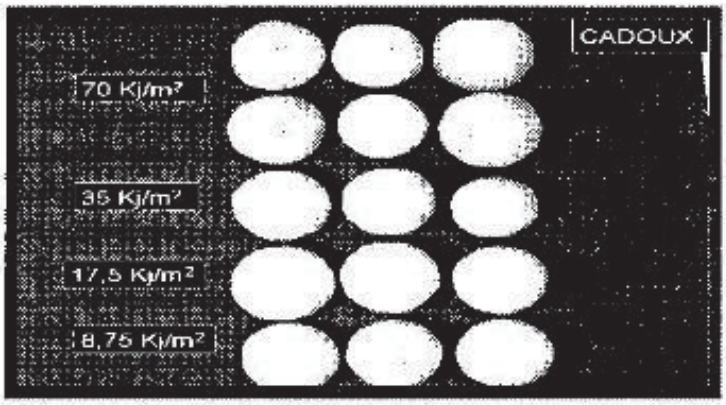

Photo 1 : Les fruits à droite et à gauche sont traités.
Au milieu, les fruits témoins.

3- Effet des UV-C sur le taux de jus des fruits

Le taux moyen de jus des fruits chez les différents traitements de la variété Ain Taoujdate est de 41,92% ne diffère pas significativement par rapport au témoin (44,23%), sauf dans le cas des fruits traités avec une dose de 70 Kj/m² pour lesquelles une nette diminution du pourcentage de jus (38% de jus) a été observée et qui est significative au seuil de $p \leq 0,05$ (Figure 3). Par contre, chez la variété Cadoux, les taux de jus les plus élevés sont enregistrés chez les traitements qui ont reçu les plus fortes doses des UV-C, soit 53,70 et 52,62% respectivement pour les traitements de 35 et 70 Kj /m², alors que les autres traitements ont un taux de jus similaire par rapport au témoin (Figure 4). Le test T de Student n'a révélé aucune différence significative entre les différents traitements au seuil de $p \leq 0,05$. Gómez-López *et al.* (2005) ont démontré l'efficacité des faibles doses des UV-C sur la préservation de la qualité organoleptiques des fruits et légumes, y compris les fruits d'agrumes.

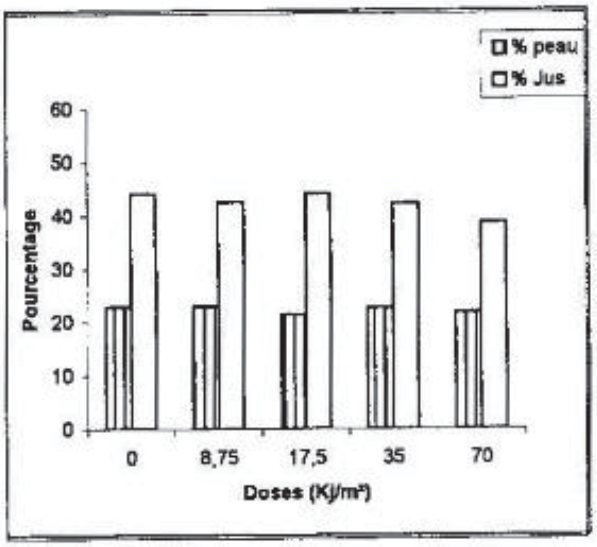

Figure 3: Taux de peau et de jus des fruits de Ain Taoujdate après traitement aux UV-C

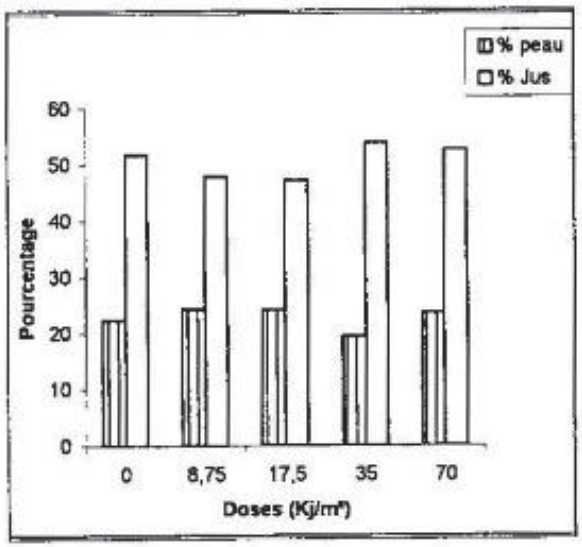

Figure 4: Taux de peau et de jus des fruits de Cadoux après traitement aux UV-C

4- Effet des UV-C sur le taux d'acidité du jus des fruits

Pour les deux variétés testées, les taux d'acidité du jus des fruits issus des différents traitements et du témoin n'ont enregistré aucune différence significative (Figure 5 et 6). En effet, la moyenne du taux d'acidité des différents traitements de la variété Ain Taoujdate est de 9,16% contre 9,30% chez le témoin et de 8,05% en moyenne chez l'ensemble des fruits de Cadoux contre 8,20% chez le témoin. Ces résultats concordent avec celles rencontrées par Rubira *et al.* (2007).

5- Effet des UV-C sur le contenu en sucres solubles totaux du jus des fruits

Chez la variété Ain Taoujdate, la moyenne du °Brix des différents traitements (10,50 + 0,3) ne varie pas significativement par rapport au témoin (10,90) (Figure 5). Cependant, on remarque une augmentation du taux des sucres solubles à partir de la dose de 17,5Kj/m² puis une chute de ce taux s'est produite à partir de 35 Kj/m². En revanche, chez la variété Cadoux, ce taux augmente à partir de la dose 17,5 Kj/m² et reste ascendant (Figure 6). Cette accumulation des sucres est liée à l'effet des UV par la stimulation des enzymes synthétiques intercellulaires telles que la sucrose synthase (Stitt et Steup, 1985). En général, les faibles doses utilisées des UV-C n'ont pas affecté le taux des sucres solubles chez les deux

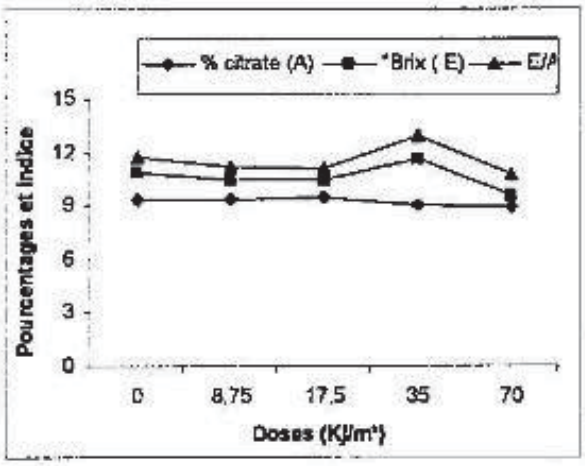

Figure 5: Acidité, °Brix et Indice de maturité des fruits de Ain Taoujdate après traitement aux UV-C

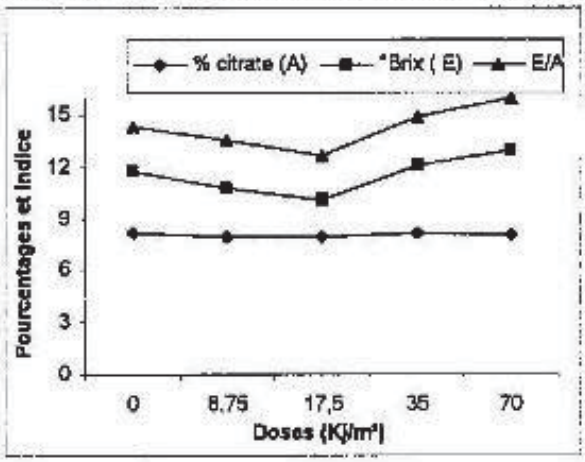

Figure 6: Acidité, °Brix et Indice de maturité des fruits de Cadoux après traitement aux UV-C

variétés testées. En accord avec ces résultats, D'hallewin *et al.* (2000) ont rapporté que des doses hormiques d'UV-C n'ont pas affecté la concentration des sucres solubles totaux, ni l'acidité du pamplemousse Star Ruby.

6- Effet des UV-C sur l'indice de maturité des fruits

Chez les deux variétés, la courbe d'évolution de l'indice de maturité est identique à celle du °Brix correspondant, du fait que le taux d'acidité dans tous les traitements, pour une même variété, reste identique à celui du témoin, par suite, toute variation du °Brix se traduira par une variation correspondante de l'indice de maturité (Figure 5 et 6). D'hallewin *et al.* (2000) ont rapporté que des doses hormiques d'UV-C, appliquées sur pamplemousse Star Ruby, n'ont pas affecté leur indice de maturité.

Conclusion

L'irradiation aux UV-C des clémentines Ain Taoujdate et Cadoux avec une dose de 8,75 Kj/m² n'affecte pas la qualité des fruits, comme le montre la stabilité des attributs de la qualité externe et de la qualité organoleptique des fruits, entre fruits témoins et irradiés. Ces résultats indiquent que certaines doses de UV-C, notamment celles comprises entre 17,5 et 8,75 Kj/m², n'ont pas d'effet néfaste sur de la qualité de la clémentine en post-récolte.
Il reste tout de même nécessaire d'étudier l'effet des UV-C sur d'autres paramètres de qualité tels que la couleur et la texture de la surface du fruit, la fermeté ainsi que d'éventuels effets sur le contenu du fruit en pigments, phénols, acide ascorbique et autres composantes importantes du fruit durant l'entreposage. Il serait également intéressant d'analyser l'impact de l'irradiation sur la durée de la conservation des fruits en post-récolte.

Références bibliographiques

Allende, A., and Artés F., 2003. UV radiation as a novel technique to preserve quality of fresh processed 'Lollo Rosso' lettuce. Food Res. Int.

Artés Calero F., 2000. Tratamientos alternativos para preservar mejor la calidad de los cítricos refrigerados. Levante Agrícola. Especial Postcosecha. 39 (352):239-243.

Arul, J., Mercier, J., Charles, M.T., Baka, M. and Maharaj, R., 2001. Phytochemical treatment for control of post-harvest diseases in horticulture crops. In: C. Vincent, B. Panneton and F. Fleurat-Lessard (eds.), Physical control methods in plant protection. INRA editions, Paris, pp.146-161.

Barka, E. A., 2001. Protective enzymes against oxygen species during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruits in response to low amounts of UV-C. Australian Journal of Plant Physiology. 28: 785–791.

Barka, E. A., Kalantari, S., Makhlouf, J., and Arul, J., 2000a. Effects of UV-C irradiation on lipid peroxidation markers during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruits. Australian Journal of Plant Physiology, 27: 147–152.

Barka, E. A., Kalantari, S., Makhlouf, J., and Arul, J., 2000b. Impact of UV-C irradiation on the cell wall-degrading enzymes during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruit. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48, 667–671.

Ben-Yehoshua, S., 1987. Transpiration, water stress, and gas exchange. In: Postharvest Physiology of Vegetables. J. Weichrnan (Eds.), Marcel Dekker Inc., New York, pp 113-170.

Ben-Yehoshua, S., Rodov, V., Kim, J.J. and Carmeli, S., 1992. Preformed and induced antifungal materials of citrus fruits in relation to the enhancement of decay resistance by heat and ultraviolet treatments. J. Agric. Food. Chem., 40: I217-122I.

Burton, W .G., 1982. Postharvest Physiology of Food Crops. Longman Publ. Co., London and New York, pp. 97-109.

Charles, M.T., Corcuff, R., Roussel, D. and Arul, J., 2003. Effect of maturity and storage on Rishitin accumulation disease resistance to *Botrytis cinerea* in UV-C treated tomato fruit. Acta Hort. 599: 573-576.

Charles, M.T., Kalantari, R., Corcuff, R., and Arul, J., 2005. Postharvest quality and sensory evaluation of UV-treated tomato fruit. Acta Hort. 682: 537-542.

D'hallewin, G., Schirra, M., Pala, M., and Ben-Yehoshua, S. 2000. Ultraviolet C irradiation at 0.5 kJ. M-2 reduces decay without causing damage or affecting postharvest quality of star ruby grapefruit (*C. paradisi* Macf.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48, 4571–4575.

D'hallewin, G.; Schirra, M.; Manueddu, E.; Piga, A. and Ben-Yehoshua, S. 1999. Scoparone and scopoletin accumulation and ultraviolet-C induced resistance to postharvest decay in oranges as influenced by harvest date. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 124, 702-707.

Eckert J.W. et Ogawa J.M., 1985. The chemical control of postharvest diseases: subtropical and tropical fruits. Ann. Rev. Phytopathlogy, 32:421-454.

Gómez-López, V.M.; Devlieghere, F.; Ragaert, P. y Debevere, J. 2005. Intense light pulses for decontamination of fruit and vegetables. Cost action 924 working group meeting, The Use of UV as a Postharvest Treatment: status and prospects. November 9-11, Antalya, Turkey.

Gonzalez-Aguilar, G.A., Wang, C.Y., Butal, J. G. and Krizek, D. T., 2001. Use of UV-C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe 'Tommy Atkins' mangoes. International Journal of Food Science and Technology. 36: 767-773.

Holmes GJ, Eckert JW. 1999. Sensitivity of *Penicillium digitatum* and *P. italicum* to postharvest citrus fungicides in California. Phytopathology 89: 716-21

Janisiewicz WJ. And Korsten L. (2002). Biological Control of Postharvest Diseases of Fruits. Ann Rev. Phytopathol. 40: 411-441.

Lurie, S., 1998. Postharvest heat treatments. Postharvest Biol. Technol. 14, 257–269.

Ouhammou, M, 2007. Etude de l'effet des UVC sur l'induction de la résistance des agrumes aux pourritures des fruits. Mémoire pour l'obtention du D.E.S.A. Sec. Phytopathologie. Univ. Ibn Tofail, Kénitra-Maroc.

Paull, R.E., 1990. Postharvest heat treatments and fruit ripening. Postharvest News Inf. 1, 355–363.

Rodov, V; Ben-Yohoshua, S.; Kim, J.J.; Bons, S. and Ittak, Y. 1992. Ultraviolet illumination induces scaparone production in Kumquat and orange fruit and improves decay resistance. J. Amer. Soc. Hort.Sci.117 (5):788 - 792.

Rubira, V.L., Artés-Hernández, F., and Artés, F. 2007. Evaluación de la calidad de granadas tratadas con uv-c y almacenadas en atmósfera controlada. V congreso iberoamericano de tecnología postcosecha y agroexportaciones.

Shama G. and Alderson P., 2005. UV hormesis in fruits: a concept ripe for commercialization. Trends in Food Science and Technology. 16: 128-136.

Stevens, C., Liu, J., Khan, V.A., Lu, J.Y., Kabwe, M.K.,Wilson, C.L., Igwegbe, E.C.K., Chalutz, E. and Droby, S., 2004. The effects of low-dose ultraviolet light-C treatment on

polygalacturonase activity, delay ripening and Rhizopus soft rot development of tomatoes. Crop Protection, 23: 551–554.

Stitt, M. and Steup, M. 1985. Starch and sucrose degradation. In: Encyclopedia of plant physiology. Higher plant cell respiration. (Ed.) R. Douce and D.D. Day. Springer Verlag. Berlin Heidberg. New York. Tokyo. Vol. 18. pp. 347-380.

Wisniewski, M., Wilson, C., El Ghaouth, A., Droby, S., Ben-Arie, R., and Philosoph Hadas, S., 2001. Non chemical approaches to postharvest disease control. Proceedings of the Fourth International Conference on Postharvest Science. Acta Horticulturae 553, 407–412.