



## (12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 35313 B1** (51) Cl. internationale : **A23B 7/00; A23B 7/022; A23B 7/02**
- (43) Date de publication : **01.08.2014**

- 
- (21) N° Dépôt : **36531**
- (22) Date de Dépôt : **05.12.2013**
- (30) Données de Priorité : **17.05.2011 EP 11166445.4**
- (86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/EP2012/059100 16.05.2012**
- (71) Demandeur(s) : **WATERDIAM SARL, ROUTE DE MOUTIER 65 CH-2800 DELEMONT (CH)**
- (72) Inventeur(s) : **GOBET, Jean ; ZAVANELLA, Ciro ; HERMANT, Nicolas ; COMNINELLIS, Christos ; IPPOLITO, Antonio**
- (74) Mandataire : **SMAS INTELLECTUAL PROPERTY**

- 
- (54) Titre : **PROCÉDÉ DE TRAITEMENT D'AGRUMES APRÈS RÉCOLTE**
- (57) Abrégé : Procédé de traitement d'agrumes après récolte qui consiste à laver les agrumes, ladite étape de lavage des agrumes comprenant (a) une étape de mise en contact des agrumes avec de l'eau, (b) une étape d'électrolyse de l'eau qui a été mise en contact avec les agrumes et (c) une étape d'utilisation de cette eau électrolysée comme eau de lavage des agrumes.

**ABREGE**

Procédé de traitement d'agrumes après récolte qui consiste à laver les agrumes, ladite étape de lavage des agrumes comprenant (a) une étape de mise en contact des agrumes avec de l'eau, (b) une étape d'électrolyse de l'eau qui a été mise en contact avec les agrumes et (c) une étape d'utilisation de cette eau électrolysée comme eau de lavage des agrumes.

**Description****Procédé de traitement d'agrumes après-récolte****Domaine technique**

[0001] La présente invention concerne un procédé de traitement d'agrumes après-récolte.

**Etat de la technique**

[0002] Les moisissures bleu-vert et la pourriture aigre causées par *Penicillium digitatum* (Pers.:Fr.) Sacc., *Penicillium italicum* Wehmer, *Geotrichum citri-aurantii* Link ex Pers., respectivement, sont les maladies économiquement les plus importantes d'agrumes après-récolte dans tous les lieux de production. Les pertes réelles dues à ces maladies sont assez variables et dépendent du lieu de production, de la variété d'agrumes, de l'âge et de l'état de l'arbre, des conditions météorologiques durant la croissance et la saison de la récolte, l'ampleur des dommages physiques sur le fruit pendant la récolte et les manipulations subséquentes, l'efficacité des traitements antifongiques, et l'environnement après-récolte.

[0003] Le *P. digitatum* et le *P. italicum* sont des microbes pathogènes stricts de blessures qui peuvent infecter le fruit dans la plantation, la chaîne de conditionnement, et pendant la distribution et la commercialisation. Ils se reproduisent très rapidement, et leurs spores sont omniprésentes dans l'atmosphère et à la surface des fruits et sont aisément disséminées par des courants d'air. Par conséquent, la source de l'inoculum fongique dans les plantations et sur les chaînes de conditionnement d'agrumes est pratiquement continue pendant la saison. La surface de pratiquement chaque agrume qui arrive sur la chaîne de conditionnement est souillée par des conidies et l'inoculum peut augmenter jusqu'à des niveaux élevés si des mesures sanitaires appropriées sur la chaîne de conditionnement ne sont pas adoptées au cours des opérations de traitement d'agrumes.

[0004] Dans le monde, les maladies d'agrumes ont été principalement contrôlées depuis de nombreuses années par l'application de fongicides classiques dans la chaîne de conditionnement, y compris à titre d'exemple mais non limitatif le *Imazalil*, le *Thiabendazole* (TBZ), l'*orthophénylphénate de sodium* (SOPP), l'*orthophényl phénol* (OPP), ou différents mélanges de ces composés, spécialement formulés soit en tant que traitement à la cire et/ou de pulvérisation, par trempage et par immersion.

[0005] Cependant, les inquiétudes concernant la contamination de l'environnement et les risques pour la santé humaine associés aux résidus de fongicides se traduisent périodiquement en examens réglementaires et en éventuelles restrictions ou en annulations. De même, les marchés traditionnels d'exportation d'agrumes augmentent leur demande en produits avec de faibles niveaux de pesticides afin de satisfaire les exigences de sécurité du grand public.

[0006] En outre, de nouveaux marchés à forte valeur ajoutée basés sur des produits issus de l'agriculture biologique, durables, respectueux de l'environnement, et basés sur une culture biologique, sont actuellement en croissance et deviennent très populaires. De plus, l'utilisation répandue et continue de ces composés synthétiques a conduit à la prolifération de biotypes résistants de *P. digitatum* et *P. italicum* et au développement dans la population d'isolats de simple, double et même triple résistance. Il y a donc un besoin clair et accru de trouver et mettre en œuvre des méthodes de lutte alternatives aux

fongicides classiques pour le contrôle après-récolte des moisissures bleu-vert d'agrumes.

[0007] Plusieurs solutions ont déjà été développées pour inactiver les micro-organismes qui peuvent infecter les fruits et légumes après récolte.

5 [0008] Par exemple, l'inactivation de micro-organismes par l'électrolyse d'eau contenant des ions chlorure est bien connue et décrite dans de nombreuses publications telles que rapportées, par exemple, dans « *The efficacy of electrolysed oxidizing water for inactivating spoilage microorganisms in process water and on minimally processed vegetables* » par Duncan Ongeng et al., dans l'*International Journal of Food Microbiology* 109 (2006) 10 187-197, ou dans « *Activity of electrolyzed oxidizing water against Penicillium expansum in suspension and on wounded apples* », par D.O Okull et L.F. Laborde, dans *Food Microbiology and Safety*, Vol. 69 Nr1 2004. L'électrolyse de l'eau contenant des ions chlorure, présents naturellement ou ajoutés sous 15 la forme de chlorure de sodium, entraîne la formation de « chlore libre », un terme générique qui regroupe les diverses espèces dissoutes de cette molécule (chlore dissous, acide hypochloreux et/ou ion hypochlorite). Bien que le chlore ne soit pas toujours mentionné en tant que tel et qu'il soit parfois mentionné sous plusieurs noms différents tel que « oxydant libre », on 20 peut comprendre, à partir des conditions d'opération, qu'il est en effet le principal désinfectant.

[0009] Tel que cela est décrit dans le document « *Sanitizers for citrus packinghouse recirculated water systems* », 2001 Réimprimé, *Postharvest Information Network* (<http://postharvest.tfrec.wsu.edu/REP2001A.pdf>) par Mark A. 25 Ritenour, le chlore est un biocide relativement efficace. Cependant, le chlore présente deux inconvénients principaux. Premièrement, la matière organique (sous forme dissoute ou en suspension), qui est introduite dans la cuve de traitement avec et par les fruits, réagit rapidement avec le chlore libre et le détruit. A titre d'exemple, le demandeur a mesuré que le lavage de 20 tonnes 30 d'agrumes ajoute 170g de DCO (Demande Chimique en Oxygène). Etant donné que ces mesures indiquent que 1g de DCO de la cuve de lavage des agrumes détruit environ 0,4g de chlore, l'addition continue et contrôlée d'une solution d'hypochlorite ou de la génération continue et contrôlée de chlore à 35 partir d'un sel par électrolyse est nécessaire pour maintenir le niveau de 50-100 ppm nécessaire à la désinfection. Ceci rend le processus de désinfection complexe et difficile à gérer. La deuxième raison pour éviter d'utiliser le chlore pour la désinfection d'agrumes est la formation bien connue de sous-produits organiques chlorés. En présence d'un excès de matière organique 40 une variété de sous-produits indésirables se forme tel que le *trichlorométhane* suspecté d'être cancérigène et les acides chloroacétiques. Le chlore dans l'eau et dans l'air peut aussi causer différentes allergies chez les opérateurs sensibles au chlore dans les usines de conditionnement comme par exemple, des problèmes respiratoires, irritation des yeux, maux de tête, etc. en relation avec la concentration et la durée de l'exposition.

45 [0010] La désinfection par l'électrolyse de l'eau ne contenant pas d'ions chlorure est également bien connue, telle que décrite par exemple dans « *The Role of Reactive Oxygen Species in the Electrochemical Inactivation of Microorganisms* » par J. Jeong, J.Y. Kim , J. Yoon, dans *Environ. Sci. Technol.* 2006, 40, 6117-6122. Les espèces réactives de l'oxygène produites 50 par l'électrolyse de l'eau, en particulier par des électrodes de diamant dopé

au bore, comprennent des désinfectants tels que les radicaux -OH et O<sub>3</sub>, et peuvent provoquer une inactivation significative des micro-organismes même des spores formant des micro-organismes qui sont difficiles à inactiver seulement par le chlore. Toutefois, les résultats publiés indiquent que la quantité de charge électrique nécessaire pour réaliser cette désinfection est très élevée, typiquement plus de 0,4 Ah/L pour une bactérie faiblement résistante tel que *E. Coli*. Le maintien d'un faible niveau de spores de *Penicillium* très résistantes dans une cuve de lavage d'agrumes (>1000 L) impliquerait soit de longues durées irréalisables ou une grande surface d'électrode trop coûteuse.

[0011] Par conséquent, un but de la présente invention est de proposer un procédé pour l'assainissement d'agrumes après-récolte sans utiliser de produits chimiques conventionnels et de réaliser un contrôle satisfaisant de la pourriture en adoptant des programmes de gestion intégrée des maladies (IDM) selon lesquels un ou plusieurs produits chimiques sont remplacés par une technologie de désinfection sans résidus alternative.

#### **Divulgateion de l'invention**

[0012] La présente invention propose un procédé de traitement d'agrumes après-récolte qui permet de pallier les inconvénients de l'art antérieur.

[0013] A cet effet, la présente invention concerne un procédé de traitement d'agrumes après-récolte, comprenant une étape de lavage des agrumes, dans lequel ladite étape de lavage des agrumes comprend :

- a) une étape de mise en contact d'eau avec des agrumes,
- b) une étape d'électrolyse de ladite eau qui a été mise en contact avec les agrumes ; et
- c) une étape d'utilisation de ladite eau électrolysée comme eau de lavage des agrumes.

[0014] D'une manière avantageuse, l'eau électrolysée est de l'eau de lavage qui est contenue dans une cuve de lavage.

[0015] Le procédé de désinfection innovant selon l'invention est basé sur un procédé électrochimique qui remplace un ou plusieurs produits chimiques utilisés traditionnellement dans les chaînes de conditionnement par un procédé de traitement continu de l'eau au moyen de cellules électrochimiques et de courant, en ayant pour objectif de diminuer les pertes liées à la pourriture, sans nuire à la qualité des fruits.

[0016] Le procédé selon la présente invention ne comprend aucune étape d'addition de chlorure, tel que NaCl ou tout autre sel, dans l'eau de la cuve de lavage, et ne dépend pas du chlorure pour inactiver les micro-organismes.

#### **Brève description des dessins**

[0017] La figure 1 montre une chaîne de conditionnement pour le traitement d'agrumes après-récolte selon l'invention ;

[0018] la figure 2 représente l'évolution du niveau de *E. coli* en fonction du temps pour de l'eau de lavage électrolysée de laitue fraîchement coupée contient différentes quantités de matière organique dissoute ;

[0019] la figure 3 présente l'évolution du niveau de *Penicillium* spp. en fonction du temps pour de l'eau du robinet et pour de l'eau de lavage d'agrumes électrolysées; et

[0020] la figure 4 représente le pourcentage de fruits endommagés pour des agrumes traités selon le procédé de l'invention et selon des procédés standards.

**Modes de réalisation de l'invention**

[0021] La présente invention concerne un procédé de traitement d'agrumes après-récolte qui comprend une étape de lavage d'agrumes, caractérisé en ce que ladite étape de lavage d'agrumes comprend :

- 5           a) une étape de mise en contact d'eau avec des agrumes, afin que l'eau se charge de matières organiques naturelles solubles présentes dans les agrumes ;
- b) une étape d'électrolyse de ladite eau qui a été mise en contact avec les agrumes, afin que les matières organiques relarguées lors de
- 10           l'étape a) soient oxydées ; et
- c) une étape d'utilisation de ladite eau électrolysée comme eau de lavage des agrumes.

[0022] L'eau qui peut être utilisée dans l'invention peut être par exemple de l'eau du robinet, de l'eau naturelle, de l'eau de pluie. De préférence, la composition de l'eau utilisée dans l'invention répond aux normes de qualité de l'eau potable locale, par exemple la directive européenne sur l'eau potable 98/83/EC du 3 novembre 1998.

[0023] Il doit être noté que le procédé selon l'invention est efficace même si l'eau qui a été mise en contact avec les agrumes ne contient aucun ou une faible quantité d'ions chlorure. Par exemple, l'eau qui a été mise en contact avec les agrumes peut contenir une concentration en ions chlorure inférieure à 500 mg/L, de préférence inférieure à 250 mg/L, et plus préférentiellement inférieure à 5 mg/L.

[0024] De préférence, l'étape de lavage des agrumes ne comprend aucune étape d'addition, dans l'eau qui a été mise en contact avec les agrumes, d'un composant additionnel. Avantagement, l'eau qui a été mise en contact avec les agrumes ne contient aucun ion chlorure additionnel.

[0025] Avantagement, la concentration en agents oxydants qui peuvent être présents dans l'eau électrolysée (due à une formation *in situ* durant l'étape b)) et choisis parmi le groupe comprenant les espèces réactives de l'oxygène et le chlore libre, est inférieure à 5 mg/L, et de préférence inférieure à 1 mg/L. Les espèces réactives de l'oxygène sont OH, O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, O<sub>2</sub><sup>-</sup>, ClO<sub>2</sub>.

[0026] De préférence, l'eau qui a été mise en contact avec les agrumes peut être de l'eau de lavage laquelle a été utilisée pour laver les agrumes.

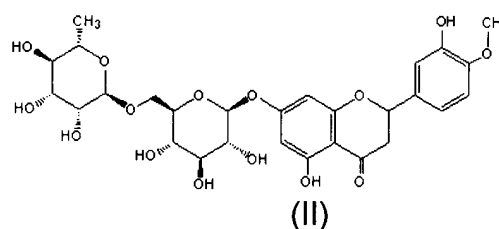
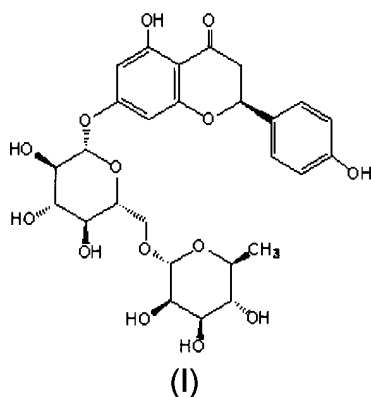
[0027] Avantagement, le procédé selon l'invention utilise une chaîne de conditionnement comprenant un équipement pour laver les agrumes. Un exemple d'une telle chaîne de conditionnement est représenté sur la figure 1. La chaîne de conditionnement comprend une caisse 1 contenant les agrumes, une cuve de lavage par trempage 2 dans laquelle les agrumes sont plongés et dans laquelle est contenue l'eau électrolysée qui est utilisée pour le lavage d'agrumes. Les fruits sont ensuite lavés avec de l'eau du robinet 3. Puis la chaîne de conditionnement contient également un séchoir 4, un équipement pour appliquer une cire 5, et un équipement 6 pour trier, calibrer et emballer les agrumes. La chaîne de conditionnement comprend également un équipement 7 pour électrolyser l'eau contenue dans la cuve de lavage par trempage 2.

[0028] Selon un autre mode de réalisation, non représenté, l'eau de lavage, qui est électrolysée, peut être mise en contact avec les agrumes par douchage au lieu d'un trempage.

- [0029] De préférence, la cuve de lavage et les électrodes utilisées dans l'étape b) sont dimensionnées de sorte que le rapport de la surface totale d'électrode sur le volume de la cuve soit compris entre  $0,01 \text{ m}^2/\text{m}^3$  et  $1,5 \text{ m}^2/\text{m}^3$ , et de préférence entre  $0,05 \text{ m}^2/\text{m}^3$  et  $0,5 \text{ m}^2/\text{m}^3$ .
- 5 [0030] Selon une autre caractéristique, la cuve de lavage et le courant utilisés dans l'étape b) sont choisis de sorte que le rapport du courant sur le volume de la cuve soit compris entre  $0,0002 \text{ A/L}$  et  $12 \text{ A/L}$ , de préférence entre  $0,003 \text{ A/L}$  et  $3 \text{ A/L}$ , plus préférentiellement entre  $0,01 \text{ A/L}$  et  $1 \text{ A/L}$ , et encore plus préférentiellement entre  $0,03$  et  $0,3 \text{ A/L}$ .
- 10 [0031] De préférence, l'eau de la cuve de lavage peut être électrolysée en continu pendant le procédé de lavage des agrumes. Ou selon d'autres modes de réalisation, l'eau de la cuve de lavage peut être électrolysée de manière discontinue au cours du procédé de lavage des agrumes.
- 15 [0032] De préférence, la température de l'eau de la cuve de lavage est comprise entre  $10^\circ\text{C}$  et  $65^\circ\text{C}$ , plus préférentiellement entre  $20^\circ\text{C}$  et  $55^\circ\text{C}$ , et de préférence pendant un temps de contact avec les agrumes compris entre 10 secondes, pour les températures plus élevées, et 3 min pour les températures plus faibles.
- 20 [0033] Le type de cellule n'est soumis à aucune limitation particulière. Des cellules mono polaires ou bipolaires avec ou sans séparation ou subdivision peuvent être utilisées. Les électrodes utilisées dans le procédé selon l'invention peuvent être de toute forme, des électrodes de type plaque, métal déployé ou treillis peuvent être utilisées. Elles sont chimiquement et électrochimiquement stables. La cellule peut être utilisée avec ou sans inversion de polarité. Si une inversion de polarité est utilisée, par exemple pour enlever périodiquement un dépôt de tartre de carbonate sur le(s) électrode(s) négative(s), alors toutes les électrodes seront de préférence réalisées dans un même matériau avantageusement choisi parmi le groupe comprenant le diamant dopé au bore, ou tout autre matériau non dissous par une polarisation anodique, tel que le platine, le titane platiné, le carbone, le titane présentant un revêtement contenant au moins un oxyde métallique choisi parmi le groupe comprenant  $\text{RuO}_2$ ,  $\text{IrO}_2$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{PbO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$  et  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ . Sinon, le matériau de la cathode peut avantageusement être choisi dans un autre matériau qui soit stable sous une polarisation cathodique, tel que l'acier inoxydable. On utilisera préférentiellement des électrodes de diamant dopé produites selon le procédé connu de dépôt en phase gazeuse (CVD). Avantageusement, la conductivité du diamant est obtenue par l'utilisation d'une source appropriée de dopant tel que le triméthyle borane dans la phase gazeuse et est comprise entre  $0,005 \text{ Ohm.cm}$  et  $10 \text{ Ohm.cm}$ . De préférence le diamant dopé est déposé sur un matériau support approprié sous la forme d'une couche continue d'épaisseur de  $1 \text{ }\mu\text{m}$  à  $50 \text{ }\mu\text{m}$ . Le matériau support est avantageusement un matériau céramique tel que le silicium, le carbure de silicium rendu conducteur par dopage ou tout autre matériau métallique approprié, tel que niobium, tantale, titane, et zirconium.
- 30
- 35
- 40
- 45 [0034] Avantageusement, dans l'étape b), l'électrolyse de l'eau est réalisée en utilisant une densité de courant comprise entre  $2 \text{ mA/cm}^2$  et  $800 \text{ mA/cm}^2$ , et de préférence comprise entre  $10 \text{ mA/cm}^2$  et  $200 \text{ mA/cm}^2$ .
- [0035] De préférence, une quantité d'agrumes supérieure à  $1 \text{ tonne/m}^3$ , et de préférence supérieure à  $10 \text{ tonnes/m}^3$  est mise en contact avec l'eau qui est électrolysée pour atteindre le rendement du procédé. Dans de telles
- 50

- conditions, le temps de contact des agrumes avec l'eau est de préférence compris entre 10s et 200s, plus préférentiellement entre 20s et 60s. L'eau peut contenir une valeur de Demande Chimique en Oxygène (DCO) supérieure à 10 mg/L, de préférence supérieure à 100 mg/L. La Demande Chimique en Oxygène est définie comme étant la quantité en mg d'oxygène consommé par litre d'échantillon par oxydation au moyen d'un agent oxydant fort. La DCO est mesurée au moyen d'équipements portables simples, par exemple le colorimètre Hach-Lange DR/890 selon le protocole correspondant 8000.
- 5
- 10 [0036] Selon des modes de réalisations préférés utilisant une chaîne de conditionnement comprenant une cuve de lavage par trempage, l'eau contenue dans la cuve de lavage par trempage est utilisée pour laver les agrumes et électrolysée en même temps. La faible efficacité initiale, jusqu'à ce que la bonne valeur de DCO soit atteinte, n'est pas problématique
- 15 [0037] Selon d'autres modes de réalisation comprenant par exemple des douches pour laver les agrumes, l'eau peut être mise en contact avec les agrumes avant de commencer l'étape de lavage jusqu'à atteindre la valeur appropriée de DCO.
- 20 [0038] De préférence, le débit au niveau des électrodes est compris entre 0,5 volume de la cuve de lavage par heure et 20 volumes de la cuve de lavage par heure, de préférence entre 2 volumes de la cuve de lavage par heure et 10 volumes de la cuve de lavage par heure.
- 25 [0039] De manière surprenante, lorsque l'eau de la cuve de lavage des agrumes a été électrolysée selon le procédé de l'invention et a été utilisée pour laver les agrumes dans une chaîne de conditionnement la proportion de fruits pourris lors d'une longue durée de stockage a été trouvée comme étant égale ou inférieure à la proportion obtenue avec des agrumes lavée dans la cuve contenant le fongicide commercial ortho-phénylphénate de sodium. En outre,
- 30 l'inactivation des spores *Penicillium* spp. par l'électrolyse de l'eau de lavage des agrumes a été augmentée de plus d'un ordre de grandeur par rapport à la même expérience faite avec de l'eau n'ayant pas été mise en contact avec des agrumes. Grâce à cette efficacité accrue, il est techniquement et économiquement possible de maintenir de faibles niveaux de *Penicillium*
- 35 spp. et d'autres agents pathogènes par électrolyse de l'eau de la cuve de lavage d'un procédé de traitement d'agrumes après-récolte sans aucune addition de produits chimiques.
- [0040] On peut supposer que l'étape a) permet d'extraire des agrumes, et plus particulièrement de l'écorce des agrumes, des composés organiques naturels solubles. Dans l'étape b), l'eau contenant de tels composés organiques naturels est électrolysée. Les produits d'oxydation électrochimique de ces composés organiques naturels semblent être des fongicides très efficaces.
- 40
- [0041] De tels composés organiques naturels sont par exemple la narirutine (Formule I) et l'hespéridine (Formule II), qui peuvent être extraits de l'écorce
- 45 des oranges.





[0042] Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, dans lequel l'eau  
5 contenue dans la cuve de lavage par trempage est utilisée pour laver les  
agrumes et électrolysée en même temps, le procédé selon l'invention permet  
de former des fongicides actifs *in situ* par oxydation électrochimique des  
composés organiques naturels solubles présents dans les agrumes, par  
exemple à la surface des fruits et présents dans l'eau de lavage après avoir  
été mis en contact avec ladite eau.

10 [0043] Cette hypothèse ne limite en rien les revendications formulées dans la  
présente invention.

[0044] Les suivants exemples illustrent la présente invention sans toutefois en  
limiter la portée.

15 [0045] Exemples:

[0046] Le procédé selon l'invention a été évalué par des études en laboratoire ainsi  
que dans le domaine des applications par analyse microbiologique de l'eau  
20 et par le suivi de l'intégrité d'agrumes pendant le stockage.

[0047] Exemple 1

[0048] L'exemple 1 illustre l'effet habituel et attendu d'une contamination biologique  
due aux matières organiques dissoutes non spécifiques sur la désinfection  
par électrolyse. A titre d'exemple typique, de l'eau de lavage de laitue  
25 fraîchement coupée contenant des niveaux croissants de contamination  
organique, composée principalement de chlorophylle, acides aminés, et des  
sucres, et exprimée en DCO a été électrolysée avec des électrodes de  
diamant dopé au bore. Deux électrodes monopolaires et deux électrodes  
bipolaires avec une surface active totale de 540 cm<sup>2</sup>, ont été montées dans  
30 une DiaCell 401 produite par Adamant Technologies. Le volume d'eau de  
lavage était de 5 L, le courant était de 1,5 A (22 mA/cm<sup>2</sup>) et le débit était de  
800 L/h. Le réservoir d'eau a été inoculé par 100'000 unités formant colonie  
par mL (ufc/mL) de bactéries *Escherichia coli* et la concentration de *E. coli*  
vivante a été mesurée en fonction du temps d'électrolyse. Des méthodes  
35 microbiologiques classiques ont été utilisées pour compter l'*E. coli*: des  
échantillons d'eau traitée ont été dilués selon le besoin en utilisant des  
solutions peptonées tamponnées, les échantillons ont étéensemencés dans  
un milieu *Chromocult Coliform Agar* supplémenté en NaCl en utilisant un  
ensemencement Spiral. Les plaques ont été incubées à 37°C pendant 24 h  
40 avant d'être comptées dans un compteur automatique et reportées comme le  
log de ufc/mL.

[0049] La figure 2 montre le logarithme du rapport entre *E. coli* viable et *E. coli* initiale dans l'eau de lavage de laitue fraîchement coupée en fonction du temps d'électrolyse. La courbe A correspond à une concentration en DOC de 250 mg/L, la courbe B correspond à une concentration en DCO de 588 mg/L, et la courbe C correspond à une concentration en DCO de 808 mg/L.

[0050] La figure 2 montre la diminution la plus importante du taux d'inactivation lorsque la concentration en DOC augmente de 250 mg/L à 800 mg/L. Par conséquent, l'inactivation d'*E. coli* par électrolyse est fortement entravée lorsque la contamination organique non spécifique augmente.

[0051] Il s'agit d'un comportement attendu et des résultats similaires sont obtenus en traitant par exemple des eaux de surface ou des eaux usées contaminées par des matières organiques dissoutes non spécifiques. Il est généralement admis que les agents désinfectants produits par électrolyse sont préférentiellement consommés par la matière organique, comme le décrit par exemple Duncan Ongeng et al. dans « *The efficacy of electrolyzed oxidizing water for inactivating spoilage microorganisms in process water and on minimally processed vegetables* », dans *International Journal of Food Microbiology* 109 (2006) 187-197. Ongeng et al. exposent qu'ils rencontrent des difficultés pour décontaminer l'eau de traitement industriel de légumes dû à l'effet négatif de la charge organique et que, d'une manière non surprenante, l'eau avec une charge organique supérieure était plus difficile à décontaminer que l'eau avec moins de charge organique.

[0052] Exemple 2

[0053] L'exemple 2 illustre les résultats extraordinaires et inattendus obtenus lorsque l'électrolyse est appliquée à de l'eau contaminée par des matières organiques dissoutes dans l'eau de lavage d'agrumes. L'eau de lavage d'agrumes d'une usine de conditionnement commercial, contenant 400 ppm de DOC, et l'eau du robinet ont été électrolysées par des électrodes de diamant dopé au bore selon des conditions identiques. Deux électrodes monopolaires avec une surface active totale de 134 cm<sup>2</sup>, ont été montées dans une DiaCell 101 produite par Adamant Technologies. Le volume d'eau était de 10 L, l'intensité du courant était 4A (60 mA/cm<sup>2</sup>), et le débit était de 300 L/h. La concentration initiale de spores inoculées *Penicillium digitatum* était de 15'000 unités formant colonie par mL (ufc/mL) et l'inactivation a été mesurée en fonction du temps d'électrolyse selon des procédures microbiologiques classiques: des plaques semi-sélectives *potato-dextrose agar (PDA)* ont été préparées en trois exemplaires. Ensuite, pour chaque temps de prélèvement, un aliquot de 100 µl a étéensemencé. Les plaques ont été incubées à 20°C pendant 48-96 h. À la fin de l'incubation, les unités formant colonies (ufc/ml) ont été comptées. En outre, la concentration en oxydant libre dans l'eau a été également mesurée au cours de l'électrolyse par le procédé colorimétrique conventionnel à la *N,N-diéthyl-p-phénylènediamine (DPD)* en utilisant un instrument SWAN Chematest 20. Dans les deux essais, la valeur maximale mesurée était inférieure à 1 mg/l exprimée en chlore (Cl<sub>2</sub>).

[0054] La figure 3 montre l'évolution du niveau de *Penicillium* en fonction du temps pour de l'eau du robinet (courbe D) et pour de l'eau de lavage d'agrumes (courbe E).

[0055] Ce résultat montre que, tandis que l'électrolyse ne désactive pas efficacement les spores de *Penicillium* ou d'autres substances nocives dans de l'eau du robinet ou dans de l'eau naturelle dépourvue de chlore libre ou d'oxydants libres, l'électrolyse de l'eau d'une cuve de lavage d'agrumes résulte en une inactivation très rapide de ces espèces. Cette remarquable et inattendue efficacité permet le traitement de l'eau de la cuve de lavage d'une manière efficace et économique sans l'addition de produits chimiques.

[0056] Exemple 3

[0057] Des oranges ont été traitées avec le procédé selon l'invention dans des équipements de conditionnement industriels. La cuve de lavage de 2500 L contenant préalablement de l'eau à 2,5% OPP a été vidée, nettoyée et rincée de manière à ne contenir aucune trace résiduelle de OPP et remplie d'eau du robinet locale. Une quantité de 12 tonnes d'oranges par heure a été continuellement traitée et l'eau de lavage a été continuellement électrolysée. L'équipement d'électrolyse était constitué de 12 Diacells 401 de Adamant technologies avec une surface totale d'électrode de 0,65 m<sup>2</sup>, une densité de courant de 60 mA/cm<sup>2</sup> a été appliquée et un débit au niveau de la surface d'électrode de 15 m<sup>3</sup>/h a été fourni par un équipement de pompage approprié. Des échantillons d'oranges (100 kg) ont été pris à des intervalles réguliers au cours du procédé et stockés à température ambiante. Après 12 jours de stockage, les fruits stockés ont été contrôlés individuellement par observation visuelle pour chercher la présence de moisissure ou autre dégradation. Le pourcentage d'agrumes endommagés qui ont été traités avec le procédé selon l'invention a été comparé à des méthodes de traitement commerciales standard.

[0058] Les résultats sont présentés par la figure 4 :

[0059] L'exemple J est un exemple comparatif et correspond aux agrumes traités avec le biocide (2,5%) *orthophenyl phénate* (OPP) dans la cuve de lavage.

[0060] L'exemple K est un exemple comparatif et correspond aux agrumes traités avec le biocide (2,5%) *orthophenyl phénate* (OPP) dans la cuve de lavage et avec de la cire contenant de l'*Imazalil* appliquée sur la peau des agrumes.

[0061] L'exemple L est un exemple de l'invention et correspond aux agrumes traités par le procédé selon l'invention avec de l'eau électrolysée dans la cuve de lavage.

[0062] L'exemple M est un exemple de l'invention et correspond aux agrumes traités par le procédé de l'invention avec de l'eau électrolysée dans la cuve de lavage et avec de la cire contenant de l'*Imazalil* appliquée sur la peau des agrumes.

[0063] Ces résultats montrent que l'efficacité du procédé selon l'invention a été jugée meilleure ou égale aux biocides classiques.

**Claims**

1. Procédé de traitement d'agrumes après-récolte comprenant une étape de lavage d'agrumes, caractérisé en ce que ladite étape de lavage d'agrumes comprend :
  - 5 a) une étape de mise en contact d'eau avec des agrumes,
  - b) une étape d'électrolyse de ladite eau qui a été mise en contact avec les agrumes ; et
  - c) une étape d'utilisation de ladite eau électrolysée comme eau de lavage des agrumes.
- 10 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite eau qui a été mise en contact avec les agrumes est de l'eau de lavage qui a été utilisée pour laver les agrumes.
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'eau de lavage est contenue dans une cuve de lavage.
- 15 4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que la cuve de lavage et les électrodes utilisées dans l'étape b) sont dimensionnées de sorte que le rapport de la surface totale d'électrode sur le volume de la cuve soit compris entre  $0,01 \text{ m}^2/\text{m}^3$  et  $1,5 \text{ m}^2/\text{m}^3$ , et de préférence entre  $0,05 \text{ m}^2/\text{m}^3$  et  $0,5 \text{ m}^2/\text{m}^3$ .
- 20 5. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que la température de l'eau de lavage est comprise entre  $10^\circ\text{C}$  et  $65^\circ\text{C}$ , et de préférence entre  $20^\circ\text{C}$  et  $55^\circ\text{C}$  pour un temps de contact avec les agrumes compris entre 10 secondes et 3 minutes.
6. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'eau de la cuve de lavage est électrolysée en continu.
- 25 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape de lavage d'agrumes ne comprend aucune étape d'addition, dans ladite eau qui a été mise en contact avec les agrumes, d'un composé additionnel.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la quantité d'agents oxydants dans l'eau électrolysée et choisis parmi le groupe comprenant les espèces réactives de l'oxygène et le chlore libre, est inférieure à  $5 \text{ mg/L}$ , et de préférence inférieure à  $1 \text{ mg/L}$ .
- 30 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'eau qui a été mise en contact avec les agrumes contient une quantité d'ions chlorure inférieure à  $500 \text{ mg/L}$ , et de préférence inférieure à  $250 \text{ mg/L}$ .
- 35 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'eau de lavage est électrolysée avec des électrodes comprenant un matériau choisi parmi le groupe comprenant le diamant dopé, le platine, le titane platiné, le carbone, le titane recouvert d'un revêtement contenant au moins un oxyde métallique choisi parmi le groupe comprenant  $\text{RuO}_2$ ,  $\text{IrO}_2$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{PbO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$  et  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ .
- 40 11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que dans l'étape b), l'électrolyse est réalisée en utilisant une densité de courant comprise entre  $2 \text{ mA/cm}^2$  et  $800 \text{ mA/cm}^2$ , et de préférence comprise entre  $10 \text{ mA/cm}^2$  et  $200 \text{ mA/cm}^2$ .

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'eau qui a été mise en contact avec les agrumes contient une valeur de Demande Chimique en Oxygène (DCO) supérieure à 10 mg/L, de préférence supérieure à 100 mg/L.
- 5 13. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le débit est compris entre 0,5 volume de la cuve de lavage par heure et 20 volumes de la cuve de lavage par heure, de préférence entre 2 volumes de la cuve de lavage par heure et 10 volumes de la cuve de lavage par heure.