

## La production de jus d'agrumes et l'application des technologies au marché des agrumes frais

**Teiko M. Johnson**

Directeur régional, Asie-Pacifique  
FMC FoodTech, Citrus Systems  
Lakeland, Floride, États-Unis

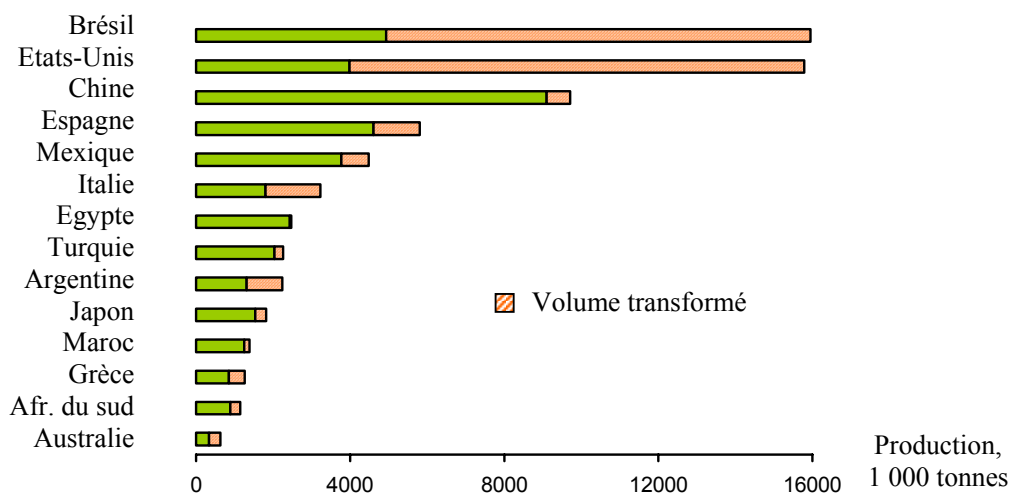
### Introduction

La production mondiale d'agrumes en 1999/2000 a atteint 70,8 millions de tonnes. Le Brésil, les États-Unis et la Chine continuent de dominer la production, et leur production combinée représente près de 60 pour cent du total mondial. Les prévisions pour l'hémisphère Nord en 2000/01, situées à 45,9 millions de tonnes, sont inférieures de 10 pour cent par rapport à la campagne précédente. Les prévisions initiales indiquent que l'hémisphère sud pourrait également avoir une récolte réduite, essentiellement du fait que la production brésilienne pourrait avoir été affectée de manière négative par les conditions météorologiques défavorables. Sur le total de la production d'agrumes, près de 60 pour cent sont consommés sur le marché du frais, et approximativement 40 pour cent sont transformés.

Les jus d'agrumes détiennent une importante part du marché au détail de boissons et ont évolué au fil des ans du jus frais au populaire jus "pur jus direct" (PJD), qui détrône aujourd'hui toutes les autres catégories de jus d'agrumes. Le PJD se vend dans le segment supérieur des jus réfrigérés et son taux de croissance annuelle a été impressionnant au cours de la dernière décennie. Les ventes de jus d'orange PJD de la campagne actuelle aux États-Unis sont supérieures de 10,5 pour cent par rapport aux chiffres de la campagne précédente. La production mondiale totale de jus d'orange en 1999/00 était proche de 2,4 millions de tonnes en équivalent à 65° Brix. Les principaux producteurs de jus d'orange sont le Brésil et la Floride, et leur production combinée représente près de 90 pour cent de l'offre mondiale. La Chine a fait son apparition avec une importante production d'oranges qui continuera d'augmenter à un rythme accéléré avec la mise en place de nouveaux vergers et l'arrivée d'arbres au stade de production.

Comme indiqué, plus de la moitié de la production mondiale est consommée sur le marché du frais. Le conditionnement commercial des agrumes frais utilisant les procédés de traitement post-récolte les plus modernes, ainsi que des réseaux de distribution efficaces, permettent de mettre des agrumes frais à la disposition des consommateurs dans le monde entier. Le graphique ci-dessous illustre les tendances de production de la campagne 1999/00 et montre que la plupart des pays ont produit des fruits essentiellement pour la consommation sur le marché du frais.

### Production et transformation mondiales d'agrumes 1999/2000



Une certaine fluctuation d'une campagne à l'autre est attendue, car les producteurs pourraient profiter d'une orientation mondiale des prix favorable et orienter les fruits vers le marché le plus lucratif. D'un autre côté, une large part de la culture du Brésil et des États-Unis est traditionnellement consacrée aux jus, à savoir habituellement largement plus de 50 pour cent de la production totale.

### Technologie de production de jus d'agrumes

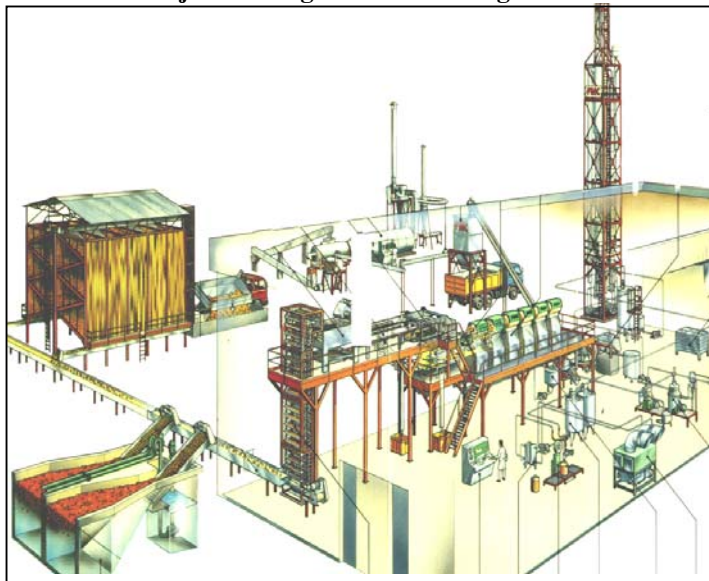
La popularité du jus d'orange est certainement due à son goût agréable et rafraîchissant, et au fait que les consommateurs savent qu'ils retirent les bénéfiques nutritionnels de la vitamine C, de l'acide folique et des fibres alimentaires en une seule fois. Les processus de pasteurisation et de concentration préservent la qualité et la forte valeur nutritive du produit. Des améliorations technologiques permanentes ont permis à l'industrie d'exceller dans la qualité, avec pour résultat qu'aujourd'hui le jus d'orange a meilleur goût et ressemble plus au jus fraîchement pressé que jamais.

Le "Principe d'extraction totale du fruit" pour l'extraction de jus est une technologie qui extrait plus de 75 pour cent de la production mondiale de jus d'agrumes. Ce principe repose sur la conception unique des composants servant à extraire le jus à l'intérieur de la machine. Ces composants interagissent de manière à éplucher les oranges et à presser le jus de l'orange épluchée à travers une passoire, le tout en quelques fractions de seconde. Le résultat est un jus d'extrêmement bonne qualité prêt à la consommation comme jus fraîchement pressé, ou qui peut être encore transformé en PJD ou jus d'orange concentré congelé (JOCC).

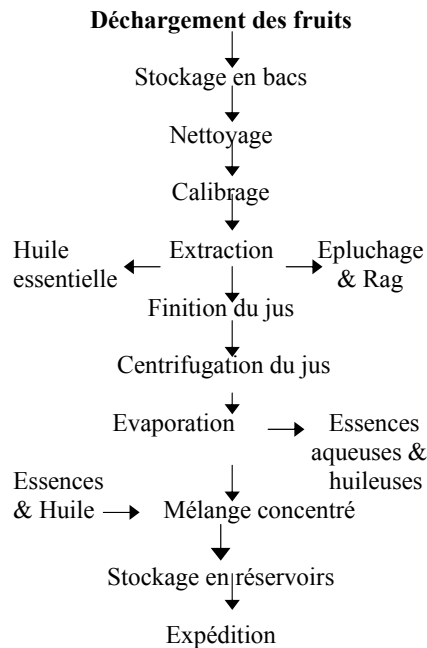
### Production de jus d'orange concentré congelé

La production de jus d'orange concentré congelé (JOCC) commence dès la réception et le déchargement des fruits. Les fruits sont apportés à l'usine en camions avec des capacités de remorques jusqu'à 20 tonnes. L'étape du déchargement peut être relativement simple ou elle peut utiliser des rampes hydrauliques pour décharger les fruits par gravité vers les courroies du transporteur. Habituellement, des fruits sont prélevés pendant cette opération afin de déterminer le niveau de maturation et la teneur en jus. Le niveau de sucre et d'acide sont déterminés et sont souvent utilisés comme base pour l'achat des fruits et les mélanges sélectifs de chargements afin d'atteindre des paramètres spécifiques de qualité, tels que le Brix, une mesure du contenu en sucre, et la proportion d'acide. Les proportions de sucre et d'acide déterminent au final les normes de qualité du produit ainsi que le goût et la couleur. L'illustration ci-dessous montre l'agencement classique d'une usine de transformation d'agrumes. Le diagramme du processus souligne les étapes de la production de concentré de jus d'agrumes.

### Production de jus d'orange concentré congelé



#### DIAGRAMME DU PROCESSUS



Les fruits en mauvais état sont écartés au moment du déchargement, avant que les oranges ne soient envoyées vers les bacs de stockage. Des bacs en bois et en métal sont communément utilisés, équipés d'écrans obliques permettant de minimiser les impacts au moment de la descente des fruits jusqu'en bas du bac. Lors de la mise en route quotidienne de l'usine, les oranges roulent hors des bacs vers les courroies du transporteur, et sont transportées vers la principale ligne d'extraction par le moyen d'un ascenseur en baquet, puis jusqu'au bac de soulèvement. Ce bac de soulèvement sert de tampon pour contrôler et maintenir un flux de fruits approprié pour la ligne d'extraction. Les oranges sont tirées du bac de soulèvement vers une machine à laver équipée de brosses, puis sont lavées, désinfectées et calibrées de nouveau avant l'extraction du jus. Des détergents et un rinçage à l'eau chlorée peuvent être utilisés. La buée refroidie issue de l'évaporation du jus peut également être utilisée au moment du lavage.

Après le lavage et le calibrage, les fruits sont classés par taille et sont dirigés vers les extracteurs de jus; le jus extrait est ensuite envoyé vers les "finisseuses" afin de séparer le jus des sacs de jus. Le jus fini peut être centrifugé pour réduire le niveau de pulpe et de résidus; il est ensuite recueilli dans de grandes cuves aux parois froides et ensuite concentré dans un évaporateur TASTE. Cet acronyme signifie "*Thermally Accelerated Short Time Evaporator*" (en français, "évaporateur à accélération thermique de courte durée"), car l'eau est évacuée du jus d'agrumes sous forme de vapeur en un temps très court, puisqu'il ne passe qu'une fois par l'unité. La conception multi-étapes et multi-effets utilisée pour construire l'unité permet des économies de vapeur exceptionnelles. Aujourd'hui, le TASTE est l'unité de concentration standard pour le secteur des agrumes.

L'évaporateur contient habituellement une unité de récupération de l'extrait afin de récolter les composants aqueux et les arômes huileux qui sont enlevés avec les vapeurs d'eau, puisque le jus est concentré. Les extraits peuvent être de nouveau ajoutés au concentré pendant la phase de mélange ou peuvent être vendus à l'industrie des arômes. Le concentré provenant de l'évaporateur est refroidi brusquement à une température comprise entre 5° et 10° C, puis réfrigéré à une température comprise entre -5° et -10° C et stocké dans de grandes cuves de stockage en vrac. Ces cuves sont placées dans une chambre froide à une température comprise entre -10° et -18° C, et le site est communément appelé ferme-cuve (*tank farm*). La capacité de ces cuves peut atteindre 250 000 gallons. Le stockage de concentré en fermes-cuves est la norme pour l'industrie, ainsi que le transport et la distribution en vrac sur les marchés. Le concentré en tonneaux d'acier recouverts de polyéthylène peut être utilisé pour satisfaire les exigences des marchés qui ne sont pas organisés pour le traitement en vrac ou les ordres spéciaux. Les tonneaux sont stockés dans des chambres froides aux mêmes conditions de température que les opérations dans les fermes-cuves.

### **Récupération des sous-produits des agrumes**

La récupération des sous-produits des agrumes est un aspect économique important des opérations de transformation des agrumes, et elle est particulièrement appropriée lorsqu'un gros volume de fruits est transformé. Les sous-produits des agrumes les plus communs sont les huiles d'écorce, les arômes et les huiles essentielles, les cellules de pulpe congelées et les boulettes pour l'alimentation du bétail. La récupération des parties solides solubles à partir de la pulpe, communément appelé liqueur de pulpe, pourrait être une source de solides juteux pour la production de boissons à base de jus, et pourrait être un des meilleurs choix lorsque les prix des jus sont élevés.

### **Jus "pur jus direct"**

Le jus "pur jus direct" (PJD) est le produit qui est aujourd'hui le plus proche du jus frais dans un emballage pratique prêt à l'emploi. Il satisfait les souhaits des consommateurs d'un goût amélioré, de produits moins transformés, et de jus d'orange plus naturels. De plus, une plus forte sensibilité du consommateur face aux problèmes de santé, ainsi que sa connaissance de la valeur nutritionnelle des agrumes ont joué un rôle important dans le taux de développement du PJD. Aujourd'hui, le PJD détient une part de marché importante et continue de croître en prenant des parts de marché aux jus concentrés et reconstitués. Le produit est fabriqué par un processus de pasteurisation étroitement contrôlé afin de minimiser l'exposition du jus à la chaleur. Une chaleur excessive contribue au développement d'un arôme cuit et à des modifications indésirables de composants aromatiques délicats. Un approvisionnement du

produit tout au long de l'année est possible car un grand volume de jus est stocké en utilisant diverses technologies de stockage. Le stockage aseptique en vrac dans des fermes-cuves, les systèmes "de sac à tonneau" (*Bag-In-Drum*) et "de sac à caisse" (*Bag-In-Box*), et le stockage réfrigéré sont communément utilisés.

Avec l'expansion du marché, le stockage aseptique de PJD est devenu une nécessité dans l'industrie. Le PJD a d'abord été stocké sous forme de blocs congelés. Pour des volumes importants, le stockage aseptique est économiquement plus viable en raison de sa plus grande maniabilité et des économies d'énergie par rapport au stockage en congélation. De nombreuses usines du secteur ont mis en place des réservoirs de stockage aseptique en vrac, certaines avec une contenance d'un million de gallons de jus non concentré par réservoir. La technologie de traitement aseptique du jus continuera de se développer, de nouvelles applications étant requises dans les opérations de mélange et de transfert de jus.

D'autres facteurs importants pour la production du PJD sont le contrôle du niveau d'huile d'écorce et du niveau d'acidité du jus. Un excès d'huile d'écorce contribue aux modifications indésirables de l'arôme qui peuvent se produire dans les jus d'agrumes au cours de la transformation et du stockage. En outre, à cause de la sensation de brûlure qui existe lorsqu'elle est présente à des niveaux élevés, elle peut réduire la capacité du consommateur à discerner les composants aromatiques délicats.

Les oranges *valencia* sont les mieux adaptées à la production de PJD car elles ont un niveau très bas de *limonin*, un composant naturel des agrumes connu pour son goût acide. Les oranges *navel* d'autre part sont recommandées pour l'utilisation dans les jus mélangés.

### **Innovations dans les outils de gestion, la sécurité des aliments et la technologie**

L'application d'un contrôle du processus pour chaque étape d'une opération sur les agrumes, l'accès rapide à l'information et au travail en réseau, et l'accès à un appui technique par le biais d'Internet sont aujourd'hui choses communes dans le secteur. Les systèmes d'information et de communication permettent à l'industrie de rester compétitive et d'atteindre une gestion totale de la qualité, une rentabilité et une meilleure gestion des affaires.

Les procédures HACCP (pour "Hazard Analysis Critical Control Point) sont requises par le Département américain pour l'alimentation et les médicaments (US Food and Drug Administration) pour aider les producteurs à atteindre leurs objectifs de qualité et de sécurité et protection des aliments. La certification européenne de la série des normes ISO 9000 est devenue une norme pour l'industrie.

### **Automatisation pour le secteur des agrumes**

Le secteur des agrumes adopte rapidement les technologies de contrôle de processus pour automatiser entièrement toutes les étapes des opérations de l'usine. Le but est d'améliorer l'efficacité de l'usine, de réduire les coûts, et de fournir les outils pour une meilleure gestion des opérations. Les installations d'usine les plus modernes ces dernières années possèdent un logiciel modulaire de contrôle entièrement intégré dans un système d'information en gestion avec un réseau avancé. La direction a la possibilité d'étudier toute donnée opérationnelle et d'identifier très rapidement les sujets d'inquiétudes. Des mesures correctives peuvent être mises en œuvre et le processus peut être réajusté.

L'automatisation peut commencer aux portes de l'usine, avec le relevé du poids du camion et de l'identification des fruits dans la salle de mesures, et peut être intégrée avec les informations sur la maturité/qualité (test d'État) pour le chargement correspondant de fruits. Ensuite, cela continue avec le traitement des fruits, le mélange en cuves et le contrôle de la salle des jus. Le système fonctionne sur la base de la demande en jus des processus d'aval et effectue des ajustements du débit de fruits tout au long de la ligne, pour aboutir au jus demandé. L'automatisation de l'évaporateur assure que le jus se trouve dans un registre défini de concentration conformément à des valeurs prédéterminées. Le fonctionnement de la "finisseuse", les systèmes de récupération des sous-produits et les opérations de nettoyage peuvent être automatisées afin d'assurer des résultats cohérents.

## Normes des systèmes sanitaires

La production de jus d'agrumes de première qualité exige un contrôle plus strict des systèmes sanitaires concernant la fabrication du concentré car les traitements à la chaleur sont moins intenses, afin de minimiser les modifications de l'arôme. L'application de normes de crèmerie pour la ligne et le fonctionnement de l'équipement n'est pas inhabituelle aujourd'hui. Les équipements pour le traitement/transport des fruits, faits en acier pur tels que les cuves de stockage de fruits, les ascenseurs en baquets, les rails annexes de la courroie de transport et autres équipements, sont plus communs. Les fruits lavés peuvent être désinfectés avant de quitter la machine à laver. De plus, les courroies de transport peuvent être rincées avec une solution stérilisante afin de minimiser la croissance de moisissure de surface.

Les systèmes de nettoyage automatique jouent un rôle décisif dans la conservation permanente de la propreté et l'hygiène des lignes d'extraction, en particulier pour la production de PJD. La fréquence du nettoyage peut être plus élevée que pour la production de concentré et peut varier selon l'état des fruits.

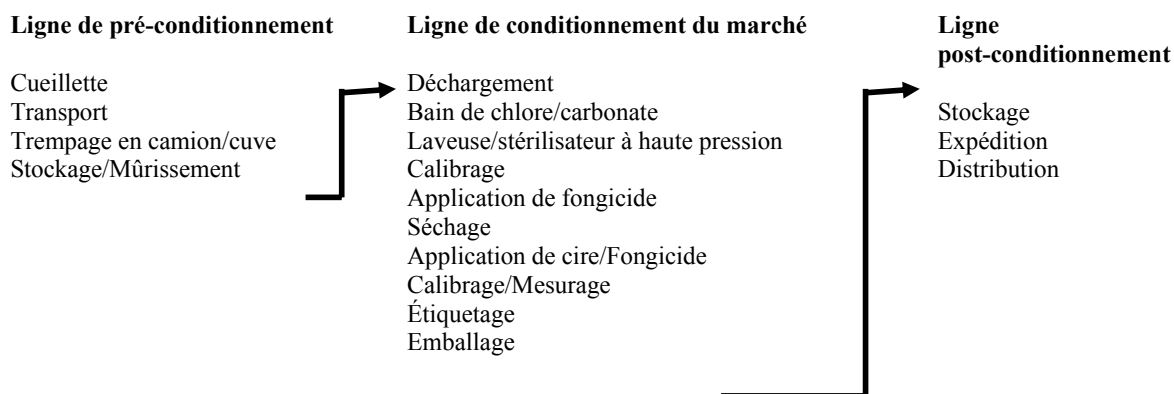
## Technologie de pasteurisation

La pasteurisation est le processus de traitement par la chaleur destiné à désactiver les enzymes et micro-organismes naturels. La chaleur pouvant nuire aux composants aromatiques délicats, des recherches sur les améliorations des technologies du processus sont en cours afin de minimiser et d'optimiser l'exposition du jus à la chaleur en termes de durée et de température. La plupart des technologies connues ayant un certain succès dans la désactivation des micro-organismes et des enzymes ne sont pas commercialisées, comme par exemple la pasteurisation à haute pression, ou les technologies de pulsations électriques et de micro-ondes. La pasteurisation à haute pression des jus, bien qu'étant techniquement une réussite, fut commercialisée pendant une courte durée, mais son utilisation a été interrompue car le processus ne s'est pas montré économiquement viable.

## Application des technologies au marché des agrumes frais

Le recours à des processus de conditionnement techniquement solides et avancés est très important pour acheminer des fruits de bonne qualité jusqu'aux consommateurs. La plupart des agrumes pourraient être emballés sur une ligne de conditionnement donnée, mais certaines variations des processus de traitement post-récolte sont utilisées pour emballer les oranges, les pamplemousses, les mandarines et les citrons, et pourraient exiger que les citrons soient emballés exclusivement sur une ligne, alors que les mandarines, fragiles, pourraient être emballées sur une autre. Les oranges et les pamplemousses sont souvent emballés sur la même ligne. Le graphique ci-dessous illustre les étapes et le diagramme du processus pendant une opération d'emballage d'agrumes frais.

## Processus habituel de conditionnement des agrumes frais



Le conditionnement commercial des agrumes commence avec la cueillette soigneuse et le remorquage vers l'unité de conditionnement. Certains fruits peuvent être traités avec des fongicides post-récolte et stockés pendant une certaine période jusqu'à ce qu'ils soient prêts pour le conditionnement. Le camion peut également être traité avec des fongicides peu après l'arrivée des fruits dans l'unité de conditionnement. De nombreuses installations commerciales ont des systèmes de mouillage de camion ou de cuve afin de traiter immédiatement les fruits après la récolte. Cette étape précoce de traitement est très importante pour contrôler les infections par le *Penicillium* et pour éviter les infections latentes de moisissure attaquant les tiges, et autres infections.

Lorsque les fruits sont prêts à être emballés, les cuves des conteneurs sont renversées et les fruits glissent jusqu'aux courroies. Les fruits peuvent passer par une cuve à bain pour être traités dans une solution à base de chlore ou de carbonates, ou une aspersion de chlore peut être appliquée pendant le passage des fruits sur la ligne. Les fruits très petits et très gros peuvent être écartés afin de satisfaire les normes de taille, en faisant passer les fruits dans un pré-mesureur. Après le pré-mesureur, les fruits sont lavés avec des détergents qui peuvent contenir en option des désinfectants. Un système de lavage à forte pression peut être utilisé pour enlever les insectes et débris restants. Cette technologie permet à un plus grand nombre de fruits de satisfaire les normes de qualité et les exigences de quarantaine, car les corps d'insectes et autres films de dépôts lourds de moisissure sont enlevés. Cela améliore aussi l'aspect des fruits et facilite l'identification et le nettoyage des fruits en mauvais état au moment du calibrage. À ce niveau, les fruits en mauvais état et les autres fruits qui ne satisfont pas les normes de qualité externe sont écartés.

Un traitement fongicide suit habituellement et la méthode d'application utilisée peut être un spray aqueux, un goutte-à-goutte ou une application de gouttelette de contrôle (*control droplet application*, ou CDA). Le fongicide peut aussi être appliqué avec la couche de cire de protection. Le choix des fongicides est dépendant de l'approbation réglementaire et diffère d'un pays à l'autre. Aux États-Unis, le Thiabendazole (TBZ) et l'Imazalil sont des fongicides approuvés pour une application post-récolte. L'orthophénylphénol (SOPP) et les carbonates sont approuvés comme désinfectants pour les fruits. Immédiatement après le traitement fongicide, une émulsion de cire à base d'eau est appliquée pour protéger les fruits des pertes en eau et améliorer l'apparence. Les méthodes d'application sont à la base similaires à un traitement fongicide. La couche de protection et la procédure du traitement fongicide sont très importantes non seulement pour assurer que les fruits arrivent dans de très bonnes conditions sur les marchés de consommation, mais aussi qu'ils restent frais plus longtemps. Les enrobages de protection pour agrumes sont préparés avec diverses cires et résines naturelles qui ont été approuvées pour une utilisation comme matériel d'enrobage par les agences régulatrices appropriées. Ils sont élaborés afin d'atteindre une réduction maximale de la perte d'humidité à travers la peau tout en permettant l'échange d'oxygène et de dioxyde de carbone pendant que les fruits continuent de respirer. Une réduction excessive de la respiration pour avoir pour conséquence une perte d'arôme. Un enrobage de protection efficace peut réduire la perte de poids de 30 à 40 pour cent.

Les traitements fongicides post-récolte suivent les procédures prescrites conformément aux réglementations établies par chaque pays dans lesquels ils sont utilisés. Le tableau suivant indique la liste des fongicides post-récolte utilisés et leur efficacité contre les organismes les plus communs à l'origine des dégradations.

#### Efficacité des fongicides post-récolte pour les agrumes

Fongicide	Pourriture de bout de tige	Moisissure	Alternaria	Pourriture acide
<b>SOPP</b>	Un certain effet	Efficace	Pas d'effet	Un certain effet
<b>TBZ</b>	Efficace	Efficace	Pas d'effet	Pas d'effet
<b>Imazalil</b>	Efficace	Efficace	Efficace	Pas d'effet
<b>Guazatine</b>	Pas d'effet	Pas d'effet	Pas d'effet	Efficace

Après une sélection supplémentaire en fonction de leur taille, les fruits sont emballés dans des conteneurs de gros dans les unités de conditionnement. Aux États-Unis, les agrumes peuvent également être étiquetés pour identifier le pays d'origine, la variété et la qualité, et pour une information sur la détermination du prix. Cette étape est habituellement accomplie après le calibrage des fruits par qualité et par taille. Les conteneurs de conditionnement peuvent varier dans leur taille et dans leur forme selon le marché, et peuvent être des boîtes en carton, des sacs en mailles plastiques, ou de grands bacs en fibres agglomérées. Les fruits conditionnés sont maintenus dans des conditions de froid et de forte humidité pendant le stockage, le transport et la distribution.

Ci-dessus sont présentés certains des processus les plus importants disponibles pour limiter les pertes post-récolte. La direction doit sélectionner un programme qui peut répondre au mieux aux conditions de la zone géographique spécifique dans laquelle les agrumes sont produits, des réseaux de distribution et du marché de consommation. Certains des points à prendre en considération pour le choix d'un bon programme de base sont:

Installer un système de trempage ou une cuve à bain parasiticide pour appliquer immédiatement du fongicide à tout fruit qui sera gardé plus de 24 heures avant de partir pour la ligne de conditionnement.

- Utiliser un détergent de nettoyage des fruits contenant un désinfectant
- Appliquer aux fruits un fongicide aqueux
- Appliquer une couche de protection qui soit efficace pour réduire la perte de poids
- Ajouter un fongicide à la couche de protection si nécessaire

Dans tous les cas, il faut maintenir en place de bons programmes de nettoyage et de bons systèmes d'hygiène dans les usines de conditionnement, y compris des systèmes de nettoyage utilisant des composants quaternaires appropriés pour les équipements, des tests périodiques sur la présence d'organismes résistants; en outre, des dispositions doivent être prévues pour permettre la substitution du fongicide en fonction des besoins.

La capacité d'utilisation des technologies les plus avancées pour la production de jus d'agrumes et les processus disponibles pour le traitement post-récolte des agrumes frais ont contribué à fournir aux consommateurs de la plupart des marchés des jus d'excellente qualité, ainsi qu'une large gamme d'agrumes d'apparence attrayante, sains et sûrs.

