

## Intensité respiratoire de certaines productions tropicales et facteurs pouvant interférer

Marie-Noëlle Ducamp<sup>a\*</sup>  
 Marc Lebrun<sup>a</sup>  
 Hoa Thai Thi<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Cirad-FIhor,  
 avenue Agropolis,  
 TA 50 / 04,  
 34398 Montpellier cedex 05,  
 France

<sup>b</sup> South Fruit Research  
 Institute (SoFRI),  
 Box 203,  
 My Tho Tien Giang,  
 Viêt-Nam

### The respiratory intensity of tropical products and factors able to interfere.

**Abstract — Introduction.** Storage under modified atmosphere of certain tropical products can be used to improve their shelf life and their quality. In precondition to the use of such a technique, the respiratory intensity of bananas, mangos, longans, litchis and vanilla was measured and certain factors able to modify it were studied. **Materials and methods.** The breathing of the products evaluated by the CO<sub>2</sub> outburst and the absorption of O<sub>2</sub> was measured in a static way in closed enclosure. The modifications of the surrounding atmosphere composition were followed by gas chromatography with detection of the catharometric type. The respiratory intensities of different mango cultivars were compared, just as those of fruits collected at various maturity stages. The influence of the temperature on the respiratory metabolism was studied on litchis and pods of vanilla. **Results and discussion.** Among the parameters whose variations can interfere with the respiratory intensity of the products stored and those going into the definition of the modified atmosphere conditions, the temperature proved to be a paramount factor for the conservation of the sampled fruits. In addition, the varietal factor, the state of the fruit freshness and its physiological age must be also taken into account. The results obtained make it possible to consider the continuation of a work on the climacteric tropical fruits storage in modified atmosphere. © Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

*Musa (fruits) / mangoes / longans / litchis / vanilla / storage / respiration / gas exchange / developmental stages / cultivars / temperature*

### Intensité respiratoire de certaines productions tropicales et facteurs pouvant interférer.

**Résumé — Introduction.** Le stockage sous atmosphère modifiée de certains produits tropicaux peut être utilisé pour améliorer leur durée de conservation et leur qualité. En préalable à l'emploi d'une telle technique, l'intensité respiratoire de bananes, mangues, longans, litchis et vanille a été mesurée et certains facteurs pouvant la modifier ont été étudiés. **Matériel et méthodes.** La respiration des produits évaluée par le dégagement de CO<sub>2</sub> et l'absorption d'O<sub>2</sub> a été mesurée de façon statique en enceinte close. Les modifications de composition des atmosphères environnantes ont été suivies par chromatographie en phase gazeuse avec détection de type catharométrique. Les intensités respiratoires de mangues de différents cultivars ont été comparées, de même que celles de fruits récoltés à différents stades de maturité. L'influence de la température sur le métabolisme respiratoire a été étudiée sur litchis et gousses de vanille. **Résultats et discussion.** Parmi les paramètres dont les variations peuvent interférer avec l'intensité respiratoire des produits stockés et entrant dans la définition des conditions d'atmosphère modifiée, la température s'est révélée être un facteur primordial pour la conservation des fruits échantillonnés. Par ailleurs, le facteur variétal, l'état de fraîcheur du fruit et son âge physiologique doivent être également pris en compte. Les résultats obtenus permettent d'envisager la poursuite des travaux sur le stockage en atmosphère modifiée de fruits tropicaux climactériques. © Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

*Musa (fruits) / mangue / longan / litchi / vanille / stockage / respiration / échange gazeux / stade de développement / cultivar / température*

\* Correspondance et tirés à part

Reçu le 5 juin 2000  
 Accepté le 6 juillet 2000

Fruits, 2000, vol. 55, p. 401–408  
 © 2000 Éditions scientifiques  
 et médicales Elsevier SAS  
 All rights reserved

RESUMEN ESPAÑOL, p. 408

## 1. introduction

Les méthodes de conservation des produits frais ont pour but de limiter les pertes et d'en améliorer la commercialisation. Les différentes méthodes doivent agir en diminuant l'activité respiratoire des tissus sans en provoquer l'asphyxie.

L'une des principales techniques de conservation des fruits et légumes actuellement disponible est le froid qui est couramment utilisé même au cours des transports. L'abaissement rapide de la température de ces produits après leur récolte permet de freiner suffisamment les activités métaboliques pour retarder leur sénescence [1, 2].

L'utilisation du froid pour des produits tropicaux est soumise à certaines conditions en raison de leur sensibilité aux « maladies physiologiques du froid » caractérisées par l'apparition de brunissements au cours du stockage [3]. Dans certains cas, son efficacité peut être améliorée par l'utilisation d'un adjuvant qui peut être l'atmosphère modifiée. Cette technique consiste à modifier l'atmosphère environnante du produit à conserver, ce qui s'obtient, en général, par diminution du pourcentage volumique d'oxygène qui est de 21 % dans l'atmosphère normale et en augmentant le pourcentage volumique de gaz carbonique qui est de 0,03 % dans l'air.

L'environnement gazeux du produit peut-être modifié soit de façon active en remplaçant directement l'atmosphère par un mélange gazeux de composition connue, soit de façon passive : l'atmosphère créée est alors la résultante de la respiration du végétal et de la diffusion des gaz à travers le film d'emballage [4].

Les intensités respiratoires peuvent être mesurées soit de façon dynamique, en utilisant un flux de gaz circulant dans l'enceinte de stockage du végétal et en déterminant les différences de composition entre le flux entrant et le flux sortant [5, 6], soit de manière statique [7] ; dans ce cas, la mesure des modifications de concentrations en gaz dans une enceinte close est le reflet de la respiration des végétaux qui sont à l'intérieur.

L'une et l'autre de ces méthodes présentent des avantages et des inconvénients, mais la seconde reflète mieux ce qui se passe dans une enceinte de stockage.

Nos travaux étant fortement orientés vers l'emploi de films sélectifs pour améliorer la conservation des produits tropicaux, notre étude a porté, dans un premier temps, sur le métabolisme respiratoire de certains d'entre eux et sur quelques facteurs susceptibles de le modifier.

## 2. matériel et méthodes

### 2.1. matériel végétal

Des bananes, mangues, longans, litchis et de la vanille, de différentes origines, ont été étudiés.

Les bananes (*Musa cavendishii*, cv. Poyo), transportées par fret maritime normal à partir de la Côte-d'Ivoire, avaient été récupérées chez un grossiste avant phase de mûrissement. Les mangues (*Mangifera Indica* L.), acheminées soit par avion avec un délai de transport de 24 h après cueillette (cvs. Early Gold, Kent, Keitt, Tommy Atkins et Sensation), soit par un transport maritime de 10 à 20 d<sup>1</sup> (cvs. Tommy Atkins, Kent et Keitt), provenaient soit de la Réunion (Early Gold), soit de Côte-d'Ivoire (Kent, Keitt, Amélie et Palmer), soit d'Israël (Tommy Atkins), soit d'Espagne (Sensation). Les longans (*Dimocarpus longan*, cv. Tieu da bo) en provenance du Vietnam, ainsi que les litchis (*Litchi chinensis* Sonn.) et la vanille (*Vanilla planifolia*), originaires de Madagascar, avaient été expédiés par avion. Pour la vanille, l'intensité respiratoire des gousses vertes, non traitées ni transformées au moment de la récolte, avait été mesurée dès leur arrivée au laboratoire.

### 2.2. méthodes

#### 2.2.1. mesure de l'intensité respiratoire

Alors que, dans la littérature, l'intensité respiratoire est le plus souvent exprimée par le seul dégagement de gaz carbonique, nos analyses ont mesuré les quantités d'oxy-

<sup>1</sup> d = day : unité recommandée pour « jour ».

gène absorbées dans le même laps de temps que le gaz carbonique rejeté.

L'intensité respiratoire a été mesurée de façon statique car ce type de mesure reflète mieux ce qui se passe dans une enceinte de stockage. Les fruits analysés ont été placés dans une enceinte close et hermétique à température ambiante contrôlée de 20 °C, à raison de 500 à 1 000 g de fruits par enceinte. D'une façon générale, trois enceintes ont été utilisées simultanément et les mesures ont été ensuite répétées au moins 3 fois ( $n = 9$ ). Une aliquote de l'atmosphère (250 µL) prélevée dans ces enceintes a été analysée toutes les 30 min ou toutes les heures pendant un intervalle de temps de 3 h. La représentation graphique des mesures des taux d'O<sub>2</sub> et de CO<sub>2</sub> a permis alors de tracer deux droites de régression linéaire dont la pente entre dans l'équation de calcul de l'intensité respiratoire à la place du terme  $(21 - \%O_2)$ . Le calcul du coefficient de détermination  $r^2$  a permis de juger immédiatement l'adéquation des mesures et du modèle. Une moyenne des résultats relatifs aux trois enceintes utilisées a alors été calculée.

Les différents gaz ont été analysés par chromatographie en phase gazeuse (CPG) : appareillages [GC 8000 Top ThermoQuest, Rodano, Italie] pour l'oxygène et le gaz carbonique et [HP 5890 Bios, France] pour l'éthylène.

— L'oxygène et l'azote ont été séparés sur une colonne à tamis moléculaire de 5Å (longueur 2 m ; diamètre 1/8<sup>e</sup> pouce), alors que le dioxyde de carbone a été séparé de l'air sur une colonne porapak Q (Chromoptic) (longueur 2 m ; diamètre 1/8<sup>e</sup> pouce). Les gaz sont détectés à l'aide d'un catharomètre, dans un four à 110 °C. L'hélium utilisé comme gaz vecteur a un débit de 0,02 L·min<sup>-1</sup>.

Les intensités respiratoires de l'oxygène (IR<sub>O<sub>2</sub></sub>) et du dioxyde de carbone (IR<sub>CO<sub>2</sub></sub>) ont été exprimées en mmol O<sub>2</sub> ou CO<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>.

Les formules utilisées pour la mesure, effectuée en confinement, de ces intensités respiratoires ont été celles de Gouble et Varoquaux [8] :

$$IR_{O_2} = [(CO_{2D} - CO_{2F}) / 100] / [T \cdot 22,4 \cdot \Delta t \cdot (m \cdot 1000)] \cdot [(V - m) \cdot K]$$

$$IR_{CO_2} = [(CO_{2D} - CO_{2F}) / 100] / [T \cdot 22,4 \cdot \Delta t \cdot (m \cdot 1000)] \cdot [(V - m) \cdot K]$$

O<sub>2D</sub> et CO<sub>2D</sub> sont respectivement les taux (%) d'oxygène et de gaz carbonique mesurés en début d'expérimentation ; O<sub>2F</sub> et CO<sub>2F</sub> sont les taux (%) d'oxygène et de gaz carbonique relevés au moment de la mesure ; V (en L) est le volume de l'enceinte de mesure ; m (en kg) est la masse des fruits ; K est la température absolue (273 °K) ; T (°K) est la température absolue à laquelle est faite l'expérimentation ; Δt (en h) est la durée du confinement.

— Pour la mesure de l'éthylène, le chromatographe utilisé était équipé d'un détecteur à ionisation de flammes. L'éthylène a été analysé sur une colonne Megabore GSQ (J&W Scientific, Chromoptic), de 30 m de longueur et 0,52 mm de diamètre, placée dans un four à 70 °C. Le gaz vecteur utilisé est l'hélium à un débit de 10 mL·min<sup>-1</sup>.

## 2.2.2. comparaison de l'intensité respiratoire des fruits de différents cultivars de manguiers

Les essais de conservation effectués dans notre laboratoire s'intéressant plus particulièrement à la mangue, nous avons préférentiellement choisi ce fruit comme modèle pour étudier l'effet du cultivar sur l'intensité respiratoire.

## 2.2.3. évolution de l'intensité respiratoire en fonction de l'âge du fruit : application à la mangue

Cette partie de l'étude a été menée sur des fruits du cultivar Early Gold expédiés, par avion, à partir de la Réunion. À partir du repérage et du marquage des inflorescences au moment de la floraison, il a été possible de déterminer le stade de maturité du fruit au moment de la récolte. Les stades considérés ont porté sur un développement des fruits s'étalant de 60 à 135 d après la floraison.

## 2.2.4. influence de la température sur l'intensité respiratoire

L'effet de la température sur l'intensité respiratoire a été étudié sur des litchis stockés à des températures allant de 2 à 23 °C

et sur de la vanille conservée en enceinte close et hermétique à trois températures : 5, 24 et 30 °C.

Il est acquis depuis longtemps que le phénomène de respiration suit la loi d'Arrhenius. La présentation graphique des résultats a donc été exprimée en logarithme népérien des valeurs de IR<sub>CO<sub>2</sub></sub> et IR<sub>O<sub>2</sub></sub>, en fonction de 1/T, T étant la température de stockage mesurée en °K. Les équations des droites de régression ont permis de calculer l'énergie d'activation (E<sub>a</sub>) de la réaction :

$$[a = E_a / (R \times 2,303)],$$

dans laquelle « a » est la pente de la droite et « E<sub>a</sub> » est l'énergie d'activation exprimée en kJ·mole<sup>-1</sup>.

### 3. résultats obtenus

#### 3.1. comparaison de l'intensité respiratoire de différentes espèces

Les intensités respiratoires ont été extrêmement variables en fonction de l'espèce végétale choisie (tableau I).

Les études liées à la conservation des productions végétales sont souvent très liées à l'intérêt commercial du produit. Bien que la respiration de certaines productions

fruitières, comme les bananes ou les mangues, ait dès lors été plus étudiée que d'autres, les données présentes dans la littérature sont relativement denses et concernent de nombreux fruits tropicaux parmi lesquels figurent certains de ceux que nous avons échantillonnés (tableau II).

Compte tenu du nombre de variétés et de provenances des fruits, il est souvent difficile d'effectuer des comparaisons avec les données publiées ; cependant, nos résultats correspondent relativement bien à ceux pour lesquels nous disposons de références bibliographiques (tableaux I, II).

Le cas de la vanille est particulier car il n'existe pas de donnée concernant la respiration de ce produit qui, à notre connaissance, n'a pas encore pu être classé en fruit climactérique ou non climactérique.

L'impact de la provenance des fruits analysés et celui des techniques utilisées pour les mesures, qui diffèrent parfois, est mis en évidence par la variabilité des résultats rapportés. C'est pourquoi, pour effectuer des travaux sur la conservation des produits végétaux en atmosphère modifiée, il importe de mettre au point, en préalable, une technique de mesure des intensités respiratoires, effectuée dans des conditions expérimentales bien déterminées qui pourront être reproduites pour la suite des études.

**Tableau I.**

Intensité respiratoire (en mmol de O<sub>2</sub> ou CO<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>), mesurée en confinement, des fruits de différentes espèces végétales, stockés en enceinte close et hermétique maintenue à la température ambiante de 20 °C (n > 30 pour mangue, litchi et banane ; n = 9 pour vanille et longan).

Produit stocké	IR <sub>O<sub>2</sub></sub> <sup>1</sup>	Intervalle de confiance <sup>2</sup>	IR <sub>CO<sub>2</sub></sub> <sup>3</sup>	Intervalle de confiance <sup>2</sup>	Quotient respiratoire
Banane	1,71	0,05	1,60	0,09	0,94
Mangue	2,08	0,10	1,73	0,11	0,83
Longan	2,44	0,18	0,90	0,08	0,37
Litchi	2,06	0,05	2,13	0,07	1,03
Vanille	1,04	0,12	0,54	0,05	0,52

<sup>1</sup> IR<sub>O<sub>2</sub></sub> : intensité respiratoire de O<sub>2</sub>.

<sup>2</sup> Intervalle de confiance correspondant au seuil p = 0,05.

<sup>3</sup> IR<sub>CO<sub>2</sub></sub> : intensité respiratoire de CO<sub>2</sub>.

### 3.2. comparaison de l'intensité respiratoire des fruits de différents cultivars de manguiers

L'incidence de la variété sur le métabolisme respiratoire du fruit se révèle très élevée ; ainsi, par exemple, entre les cultivars Tommy, Artkins et Kent, les dégagements de CO<sub>2</sub> et les absorptions d'O<sub>2</sub> ont varié du simple à plus du double (tableau III). Cela sous-entend que les techniques préconisant l'utilisation de films synthétiques pour la réalisation d'atmosphères modifiées en conditionnement de mangues devraient être utilisées avec beaucoup de prudence. Par ailleurs, ces résultats devraient inciter les utilisateurs à tenir compte de la variété à stocker lors du choix d'un film de conditionnement, même si, pour l'instant, certains films vendus dans le commerce sont annoncés comme étant efficaces pour plusieurs variétés de produits.

Ces résultats mettant en évidence, chez la mangue, un effet du cultivar sur l'intensité respiratoire sont comparables à ceux rapportés par la littérature pour d'autres espèces. Ainsi, selon les travaux de Abdullah et al. [10], les bananes du cultivar Latunda produiraient un dégagement de 140 mg CO<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup> (à 20 °C), soit, environ, 3,18 mmol CO<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>, alors que celui des bananes du cultivar Senorita atteindrait, à la

**Tableau II.**  
Intensité respiratoire rapportée par la littérature de certains fruits tropicaux figurant parmi ceux étudiés dans le cadre de nos travaux (mesure du dégagement de dioxyde de carbone).

Fruit étudié	Résultats donnés par la littérature	Température de stockage (°C)
Banane	10 à 20 mg CO <sub>2</sub> ·kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> , soit 0,23 à 0,45 mmol CO <sub>2</sub> ·kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> [9, 10]	20
Longan	0,45 à 0,71 mmol CO <sub>2</sub> ·kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> [11]	22
Litchi	0,9 mmol CO <sub>2</sub> ·kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> [12] 0,22 à 0,36 mmol CO <sub>2</sub> ·kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> [13] 0,89 mmol CO <sub>2</sub> ·kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> [14]	25

même température, 200 mg CO<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>, soit 4,55 mmol CO<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>.

### 3.3. évolution de l'intensité respiratoire de la mangue en fonction de l'âge du fruit

L'analyse des quantités d'oxygène absorbées et de gaz carbonique dégagé par des mangues récoltées à des stades de maturité différents montre, qu'au cours de la vie du fruit, l'absorption d'O<sub>2</sub> liée à la respiration est plus stable que le rejet de CO<sub>2</sub> (figure 1).

**Tableau III.**

Intensité respiratoire (en mmol de O<sub>2</sub> ou CO<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>), mesurée en confinement, des fruits de différents cultivars de mangues, stockés en enceinte close et hermétique maintenue à la température ambiante de 20 °C (n = 20).

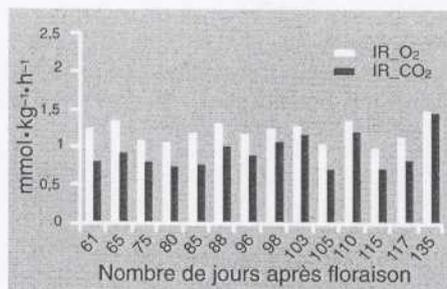
Variété stockée	IR <sub>O<sub>2</sub></sub> <sup>1</sup>	Intervalle de confiance <sup>2</sup>	IR <sub>CO<sub>2</sub></sub> <sup>3</sup>	Intervalle de confiance <sup>2</sup>	Quotient respiratoire
Keitt	1,08	0,12	0,75	0,06	0,69
Tommy	1,19	0,09	0,94	0,08	0,79
Early gold	1,31	0,11	1,15	0,10	0,88
Kent	2,89	0,07	2,65	0,11	0,92
Amélie	1,81	0,15	1,85	0,13	1,02
Palmer	2,19	0,18	0,96	0,13	0,44

<sup>1</sup> IR<sub>O<sub>2</sub></sub> : intensité respiratoire de O<sub>2</sub>.

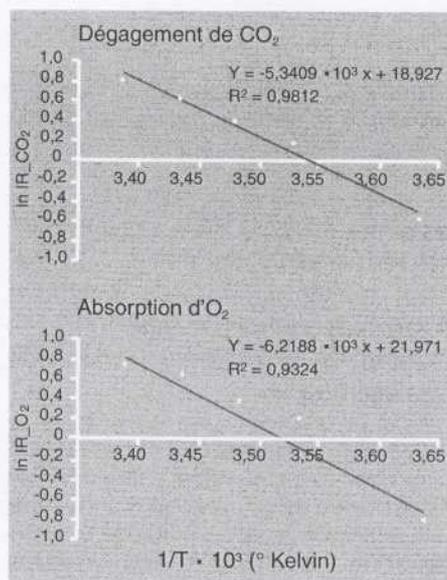
<sup>2</sup> Intervalle de confiance correspondant au seuil p = 0,05.

<sup>3</sup> IR<sub>CO<sub>2</sub></sub> : intensité respiratoire de CO<sub>2</sub>.

**Figure 1.** Intensité respiratoire (dégage­ment de CO<sub>2</sub> et absorp­tion d'O<sub>2</sub>) de mangues de la variété Early Gold produites à l'île de la Réunion et récoltées à différents stades de maturité identi­fiés par l'intervalle (en jours) entre la floraison et la récolte. Mesures effectuées à l'arrivée au laboratoire après transport aérien.



**Figure 2.** Représentations d'Arrhenius permettant de suivre les variations d'intensité respiratoire (dégage­ment de CO<sub>2</sub> et absorp­tion d'O<sub>2</sub>) en fonction de la température de conservation exprimée par le rapport [1/T], T étant exprimé en ° Kelvin. Les équations des droites de régression obtenues sont utilisées pour calculer l'énergie d'activation de la réaction.



Généralement le paramètre IR<sub>O<sub>2</sub></sub> varie davantage que IR<sub>CO<sub>2</sub></sub> car l'oxygène est lié à tous les métabolismes enzymatiques, autres que ceux de la respiration, qui sont impliqués au cours de l'évolution du fruit. C'est la principale raison pour laquelle, dans tous nos travaux, nous avons choisi d'exprimer l'intensité respiratoire à la fois par la mesure d'O<sub>2</sub> et celle de CO<sub>2</sub>.

L'intensité respiratoire varie essentiellement au cours des derniers stades de développement du fruit et augmente lorsqu'il se rapproche de son stade de récolte habituel.

Akamine et Goo [12] ont obtenu des résultats analogues pour l'avocat et la mangue. Dans le cas du litchi, le rejet de CO<sub>2</sub> reste identique durant les 30 derniers jours du développement du fruit, alors que son poids continue d'évoluer.

L'oscillation des mesures observée est liée aux variations individuelles intrin­sèques de chaque lot de fruits (figure 1).

À noter que la fraîcheur du fruit est susceptible d'influencer son intensité respi­ra­toire et il faudra donc en tenir compte lors de l'interprétation des mesures : les mé­ta­bolismes respiratoires des fruits transportés par fret aérien sont toujours plus actifs que ceux des fruits acheminés par voie mari­time. En fait, moins le fruit aura subi de stress après sa récolte, plus la mesure de son intensité respiratoire sera fiable. Le conditionnement sous film devrait donc être réalisé le plus rapidement possible après la cueillette afin d'éviter toute modi­fication du métabolisme respiratoire du fruit.

### 3.4. influence de la température sur l'intensité respiratoire

#### 3.4.1. cas du litchi

La respiration des végétaux augmente de façon exponentielle avec la température. Cette modification a pu être mise en évi­dence en déterminant le Q<sub>10</sub> de la réaction, qui est le facteur multiplicateur de l'inten­sité respiratoire lorsque la température aug­mente de 10 °C.

En principe, pour ce type de réaction catabolique des organismes vivants, l'éner­gie d'activation E<sub>a</sub> est environ de 10 ce qui correspondrait à un Q<sub>10</sub> de 2 [8].

Dans notre étude (figure 2), les éner­gies d'activation calculées à partir de la droite tracée selon la loi d'Arrhenius ont été, respectivement, E<sub>a</sub> CO<sub>2</sub> = 44,26 kJ.mol<sup>-1</sup>, et E<sub>a</sub> O<sub>2</sub> = 51,537 kJ.mol<sup>-1</sup>.

Ces données permettent de calculer le Q<sub>10</sub> à partir de la formule :

$$Q_{10} = e^{(10 E_a / [RT(T+10)])}$$

dans laquelle E<sub>a</sub> est exprimé en joules et R est la constante des gaz parfaits, soit 8,314 J.mol<sup>-1</sup>.T<sup>-1</sup> (T exprimé en °K).

Pour une température augmentant de 10 à 20 °C, le Q<sub>10</sub> calculé a été de 1,90 mmol.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> pour IR<sub>CO<sub>2</sub></sub> et de 2,11 pour IR<sub>O<sub>2</sub></sub>.

Cependant, sur un plan scientifique, il nous est apparu plus judicieux d'exprimer les résultats en énergies d'activation  $E_a$  que par rapport au  $Q_{10}$ , car celui-ci varie en fonction des températures étudiées. En revanche, dans la pratique, il est plus facile d'utiliser la notion de  $Q_{10}$ .

À partir de la température de 10 °C, le quotient respiratoire [ $CO_2 / O_2$ ] a été totalement constant et égal à 1 ; il faudrait vérifier la valeur de ce quotient à des températures inférieures ; une valeur supérieure à 1 signifierait que la physiologie respiratoire du fruit se modifie effectivement en fonction de sa température de conservation.

**3.4.2. cas de la vanille**

La mesure des valeurs  $IR_{O_2}$  et  $IR_{CO_2}$  des gousses de vanille stockées à trois températures différentes a montré que le quotient respiratoire [ $QR = IR_{CO_2} / IR_{O_2}$ ] était plus fort lorsque la température de conservation était basse (5 °C, QR = 0,88) que lorsqu'elle atteignait des valeurs plus élevées (24 °C, QR = 0,52 ; 30 °C, QR = 0,56) (tableau IV).

**4. conclusion**

Parmi les paramètres dont les variations peuvent interférer avec l'intensité respiratoire des produits stockés et entrant dans la définition des conditions d'atmosphère

modifiée, la température s'est révélée être un facteur primordial pour la conservation des fruits échantillonnés. Par ailleurs, le facteur variétal doit être également considéré, comme cela a été démontré par les mesures effectuées sur les mangues de différents cultivars.

L'état de fraîcheur du fruit est un autre élément à prendre en compte. Au cours de nos travaux, nous avons mis en évidence des différences d'intensité respiratoire entre fruits transportés rapidement par avion et fruits acheminés plus lentement par bateau. Cependant, d'autres variations, bien que moins importantes, peuvent être fonction du temps écoulé entre la cueillette et le conditionnement du produit et des conditions dans lesquelles le fruit peut être entreposé pendant ce laps de temps.

Notre étude sur des lots de mangues, dont les âges physiologiques différents entraînaient des variations d'intensité respiratoire particulièrement importantes, met en évidence la nécessité d'utiliser des lots de fruits homogènes pour conditionner et commercialiser des produits de qualité.

La prise en considération de l'ensemble des résultats obtenus permet d'envisager la poursuite des travaux sur le stockage en atmosphère modifiée de fruits tropicaux climactériques. Il conviendra alors d'étudier l'intensité respiratoire des fruits stockés dans les conditions des atmosphères de conservation utilisées lors de leur commercialisation.

**Tableau IV.**

Intensité respiratoire, mesurée en confinement, pour des gousses de vanille stockées en enceinte close et hermétique maintenue à différentes températures ( $n = 9$ ).

Température de stockage (°C)	$IR_{O_2}$ <sup>1</sup>	Intervalle de confiance <sup>2</sup>	$IR_{CO_2}$ <sup>3</sup>	Intervalle de confiance <sup>2</sup>	Quotient respiratoire	$C_2H_4$ <sup>4</sup>
5	0,26	0,08	0,23	0,04	0,88	0,00
24	1,04	0,12	0,54	0,05	0,52	0,17
30	1,85	0,03	1,03	0,02	0,56	0,46

<sup>1</sup>  $IR_{O_2}$  : intensité respiratoire de  $O_2$ , mesurée en mmol de  $O_2 \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$

<sup>2</sup> intervalle de confiance correspondant au seuil  $p = 0,05$ .

<sup>3</sup>  $IR_{CO_2}$  : intensité respiratoire de  $CO_2$ , mesurée en mmol de  $CO_2 \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$ .

<sup>4</sup>  $C_2H_4$  : concentration en éthylène en ppm·kg<sup>-1</sup>.

## remerciements

Les auteurs remercient tout particulièrement C. Aymard (CNRS, France) pour l'aide considérable qu'il leur a apportée du fait de ses connaissances étendues sur les méthodes statistiques et les équations physiques du métabolisme, ainsi que É. Odoux (Cirad-Flhor) pour leur avoir gracieusement fourni les échantillons de vanille en provenance de Madagascar.

## références

- [1] Chau K.V., Talasila P.C., Design of modified atmosphere packages for fresh fruits and vegetables, in: Singh R.P., Oliviera F.A.R. (Eds.), *Minimal processing of foods and process optimization: an interface*, CRC Press, Inc. Boca. Raton, Fla., USA, 1994.
- [2] Savoie E., Gagnon J.C., Doyon G.J., Brunet F., Evaluation of the ethylene permeability of polyvinyl chloride (PVC), *Packaging Tec. Sci.* 6 (1993) 195–202.
- [3] Batagurki S., Raghavan G.S.V., Smith J., Orsat V., Plastic film packaging of apples and mangoes, *Agr. Engineering J.* 4 (1&2) (1995) 41–49.
- [4] Kader A.A., Zagory D., Kerbel E.L., Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables, *Critical review in Food Science and Nutrition* 28 (1) (1989) 1–30.
- [5] Lee D.S., Hagger P.E., Lee J., Yam K.L., Model for fresh produce respiration in modified atmospheres based on principals of enzyme kinetics, *J. Food Sci.* 56 (1991) 1580–1585.
- [6] Dilley D.R., Dewey D.H., Automated system for determining respiratory gas exchange of plants materials, *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 94 (1969) 134–141.
- [7] Shiomi S., Wamocho L.S., Agong S.G., Ripening characteristics of purple passion fruit on and off the vine, *Postharvest Biol. Tec.* 7 (1996) 161–170.
- [8] Gouble B., Varoquaux P., Choix du film d'emballage des végétaux prêts à l'emploi (4<sup>e</sup> gamme), IAA, Paris, 1999, pp. 65–70.
- [9] Peacock B.C., Blake J.R., Some effects of non-damaging temperatures on the life and respiratory behaviour of bananas, *Queensland J. Agr. Anim. Sci.* 27 (1970) 147–168.
- [10] Abdullah H., Lizada M.C.C., Tan S.C., Pantastico E.B., Tongdee S.C., Storage of banana, in: Hassan A., Pantastico E.B. (Eds.), *Banana fruit development, postharvest physiology, handling and marketing in Asean*, Asean Food Handling Bureau, Kuala Lumpur, 1991, pp. 44–64.
- [11] Tongdee S.C., Study on the characteristics of longan during storage, *Kasikorn* 50 (2) (1977) 95–97.
- [12] Akamine E.K., Goo T., Respiration and ethylene production during ontogeny of fruit, *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 98 (1973) 381–383.
- [13] Kader A.A., site internet [www.postharvest.ucdavis.edu](http://www.postharvest.ucdavis.edu).
- [14] Nagar P.K., Physiological and biochemical studies during fruit ripening in litchi, *Postharvest Biol. Tec.* 4 (1994) 225–234.

## Intensidad respiratoria de algunos productos tropicales y factores que pueden interferir.

**Resumen — Introducción.** El almacenamiento en atmósfera modificada de ciertos productos tropicales puede utilizarse para mejorar la duración de conservación y su calidad. Antes de emplear esta técnica, se midió la intensidad respiratoria de banano, mango, longan, litchi y vainilla y se estudiaron ciertos factores que podrían modificarla. **Material y métodos.** La respiración de los productos, evaluada por el desprendimiento de CO<sub>2</sub> y la absorción de O<sub>2</sub>, se midió de manera estática en recinto cerrado. Las modificaciones de composiciones de las atmósferas protectoras se siguieron mediante cromatografía gaseosa con detección de tipo catarométrico (TCD). Se comparó la intensidad respiratoria de mangos de diferentes cultivares, al igual que la de los frutos cosechados en diferentes fases de maduración. Se estudió la influencia de la temperatura en el metabolismo respiratorio en litchis y vainas de vainilla. **Resultados y discusión.** Dentro de los parámetros cuyas variaciones pueden interferir con la intensidad respiratoria de los productos almacenados y que entran en la definición de las condiciones de atmósfera modificada, la temperatura se reveló como un factor fundamental para la conservación de los frutos muestreados. Por otro lado, el factor varietal, el estado de frescura del fruto y su edad fisiológica deben también tenerse en cuenta. Los resultados obtenidos son alentadores para la continuación de los estudios sobre el almacenamiento en atmósfera modificada de frutos tropicales climatéricos. © Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

**Musa (fruto) / mango / longáns / litchi / vainilla / almacenamiento / respiración / intercambio de gases / etapas de desarrollo / cultivares / temperatura**