

# Influence du calcium sur la maturation et la conservation des mangues après leur récolte

J ZAMBRANO

Universidad de Los Andes  
núcleo univ Rafael Rangel  
apartado postal 23  
Trujillo  
Venezuela

J MANZANO

Universidad Centra  
Occidental Lisandro Alvarado  
Posgrado de Horticultura  
Tarabana, Barquisimeto  
Venezuela

Reçu : novembre 1994

Accepté : janvier 1995

## Influence du calcium sur la maturation et la conservation des mangues après leur récolte.

RÉSUMÉ

Pour étudier l'influence du calcium sur la maturation de mangues de la variété Haden (*Mangifera indica* L), cet élément a été appliqué de deux façons, par infiltration et par immersion, et à différentes concentrations. Son effet a été évalué par la détermination de quelques paramètres mesurant la qualité des fruits.

L'application après récolte du calcium a prolongé la durée du stockage des fruits d'au moins une semaine. Les mesures de l'éthylène dégagé et des taux de sucres, d'acide ascorbique, de solides insolubles dans l'alcool et d'amidon ont montré que l'application de calcium après la récolte des fruits ralentit légèrement leur maturation. La diminution du poids des fruits, pendant la phase de stockage, a été moindre pour les mangues traitées avec des solutions de calcium.

MOTS CLÉS

Mango, stockage, technologie après récolte, chlorure de calcium, méthode d'application, maturation.

## Effect of postharvest calcium application on mango ripening.

ABSTRACT

To study the effect of calcium on cv Haden mango (*Mangifera indica* L) ripening, this element was applied in two forms: infiltration and dipping at different

concentrations. Its effect was evaluated by measuring some fruit quality parameters.

Postharvest calcium application extended the fruit storage life by a week.

Quantification of released ethylene, and levels of sugars, ascorbic acid, alcohol insoluble solids and starch indicated that fruit postharvest

Ca<sup>2+</sup> application slightly delays the ripening process.

The fresh weight loss rate was lower in calcium-treated fruits.

KEYWORDS

Mangoes, storage, postharvest technology, calcium chloride application methods, maturation.

## Influencia del tratamiento poscosecha con calcio sobre la maduración y conservación de frutos de mango.

RESUMEN

Se realiza un estudio sobre la influencia del calcio en la maduración de frutos de mango var 'Haden' (*Mangifera indica* L), aplicado en dos formas: infiltración e

inmersión, con diferentes concentraciones. El efecto del calcio se evalúa con

la determinación de algunos parámetros de calidad de los frutos. De los resultados

obtenidos cabe destacar que la aplicación poscosecha de calcio prolonga la vida de almacenamiento de los frutos por lo menos una semana.

Del mismo modo los valores que se obtuvieron de la determinación de etileno, azúcares, ácido ascórbico, sólidos insolubles en alcohol y almidón indican que la aplicación poscosecha de calcio detiene levemente la maduración. Las variaciones de pérdida fueron menores en los frutos tratados con soluciones de calcio.

PALABRAS CLAVES

Mango, almacenamiento, tecnología poscosecha, cloruro cálcico, métodos de aplicación, maduración.

## ● introduction

La mangue, avec une production de 17 Mt en 1993, dont 60% en Inde (FAO, 1993), est l'un des fruits tropicaux les plus importants du monde. Les principaux pays producteurs du continent américain sont les États-Unis (Floride), le Brésil, le Pérou et le Mexique.

Bien qu'il y ait de grandes possibilités d'exportation, notamment vers les pays du Royaume-Uni, la commercialisation de la mangue se heurte actuellement à d'importants problèmes. En effet, après sa récolte, ce fruit mûrit vite, et perd sa consistance au cours du stockage et du transport. Par ailleurs, il se dégrade sous l'effet du froid et, récolté vert puis stocké à basse température, il ne mûrit pas normalement (ABOU *et al.*, 1976 ; THOMPSON, 1971 ; THOMAS et OKE, 1983).

Pour faciliter les manipulations occasionnées par le transport et la conservation de la mangue, il apparaît donc important d'en retarder le processus de maturation. Le stockage en atmosphère modifiée, testé dans un tel contexte, a favorisé le développement de diverses maladies et occasionné des dégâts dans le fruit (GAUTAM et LIZADA, 1984). Par ailleurs, bien que des irradiations puissent retarder la maturation et éliminer certains pathogènes, cette technique est peu utilisée du fait des contraintes légales et de son coût élevé (MEDLICOTT et JEGER, 1987).

La mise au point d'une technologie appropriée permettrait d'optimiser le stockage de ce fruit, d'en réduire les pertes après récolte et donc d'envisager l'exploitation du marché potentiel existant.

Lors d'études portant sur la physiologie après récolte des pommes, certains dérèglements ont été corrélés à de faibles teneurs en calcium (WILLS, 1972), alors que, pour la mangue, des dérèglements du type *soft nose* et *jelly seed* sont associés à une déficience en calcium (FIRMAZI et WILLS, 1981). Ces anomalies résulteraient de l'augmentation du taux respiratoire et de changements survenus dans la perméabilité de la membrane (SHEAR, 1975 ; BANGERTH, 1979 ; HUBER, 1983). Les composés du calcium pourraient jouer un rôle important dans le maintien de la qualité des fruits et des légumes, notam-

ment sur le plan de la texture, de la diminution du taux respiratoire et de l'évolution de l'éthylène (POOVAIAH, 1986).

Ces données, ainsi que la nécessité de trouver un traitement adéquat permettant de commercialiser les mangues au Venezuela, sont à l'origine du travail présenté. L'objectif a été double :  
– étudier l'effet, sur leur conservation, de l'infiltration de sels de calcium dans les mangues, en évaluant certains paramètres de leur qualité ;  
– comparer l'efficacité de cette technique avec celle de l'immersion de fruits dans des solutions de sels de calcium.

## ● matériel et méthodes

### matériel

L'étude a porté sur des mangues de la variété Haden (*Mangifera indica* L.) provenant d'un verger situé à Payara, dans l'état de Portuguesa du Venezuela occidental. Les fruits ont été cueillis verts, en phase préclimactérique, et sélectionnés en fonction de leur taille, de leur forme et de leur couleur ; ils étaient indemnes de blessures ou d'attaques d'insectes, et choisis à un certain poids spécifique, afin de stocker des fruits correspondant à un même état de maturité.

### méthodes

#### traitement et stockage

Les mangues ont été traitées avec une solution d'hypochlorite de sodium à 2% et séchées à l'air libre.

Deux facteurs ont été étudiés :

- la technique de traitement des fruits : le calcium a été appliqué par infiltration sous vide à 600 mm/Hg pendant 10 min (MOOTOO, 1991), ou par immersion des fruits dans des solutions de chlorure de calcium ( $\text{CaCl}_2$ ) pendant 2 heures ;
- la concentration de  $\text{CaCl}_2$  appliquée : solutions à 0 mol (fruits non traités servant de témoins), 0,36 mol et 0,54 mol (0,4 et 6%).

Le stockage des mangues a été réalisé en caves maintenues à une température de 15 °C et à une humidité relative de 90%. Le dispositif expérimental était randomisé, selon un arrangement factoriel (2 x 3), à quatre répétitions constituées

chacune de 15 fruits. Ceux-ci ont été placés en récipients de plastique à double orifices, l'un pour l'entrée de l'air, l'autre pour sa sortie. Cinq analyses, portant chacune sur trois fruits, ont été effectuées à 4 jours d'intervalle.

Pour chacun des traitements, le poids de trois fruits, choisis au hasard dès le début de l'essai, a été suivi par pesées successives effectuées tous les 4 jours, sur une balance Sauter SM 1000. Le taux de perte de poids des mangues au cours de leur stockage a pu ainsi être estimé.

### évolution de l'éthylène

Chaque groupe de trois fruits, placés dans des boîtes de 5 l, hermétiquement fermées, a permis de suivre l'évolution du taux d'éthylène dans l'atmosphère du récipient.

Après 2 h d'incubation, des échantillons de cet atmosphère ont été prélevés, tous les 2 jours, pendant 10 jours, à l'aide d'une seringue hypodermique de 5 ml. Les échantillons ont été analysés dans un chromatographe à gaz de la marque HACH, modèle CARLE, muni d'un détecteur d'ionisation de flamme.

### préparation des échantillons

Pour chaque analyse, trois fruits ont été épluchés et leur pulpe a été broyée au mixer électrique pendant 2 min.

### solides insolubles dans l'alcool (SIA)

Un échantillon de 3 g de pulpe broyée a été mélangée à 30 ml d'éthanol à 95%. L'ensemble a été soumis à reflux pendant une demi-heure, puis passé sur un filtre Whatman n°1 pesé auparavant ; le résidu a été lavé avec de l'éthanol ; le résidu solide, non soluble dans l'alcool, a été placé dans le four à 75 °C pendant 48 h jusqu'à parvenir à un poids constant (JANORIA, 1974).

### sucres réducteurs et totaux

La détermination des sucres réducteurs a été réalisée selon la technique de TING (1956), lors du filtrage alcoolique des solides insolubles dans l'alcool (SIA). Pour la détermination des sucres totaux, une aliquote du filtrat a été hydrolysée avec HCl 10 N pendant 18 heures.

### acide ascorbique

La méthode utilisée est celle développée par SCHMALL *et al.* (1954) avec des modifications. Trente millilitres d'acide métaphosphorique à 6% ont été ajoutés aux 10 g de pulpe broyée et l'ensemble a été vigoureusement secoué pendant 10 minutes avant d'être filtré sous vide. Ensuite, une aliquote de 1 ml a été prélevée pour la réaction avec la 4-métoxi-2-nitroaniline diazotée. Les lectures ont été effectuées à 550 nm.

### teneur en amidon

La teneur en amidon a été déterminée selon la technique de SCHMIEDER et KEENEY (1980), à partir de 3 g de pulpe broyée.

### analyse statistique

Une analyse de variance a permis de déterminer le degré de signification des variables à l'aide du système d'analyse de données MINITAB, State College, Pennsylvanie. Le degré de signification du test F et la différence de la signification ont été acceptés au niveau de  $p < 5\%$ .

## ● résultats et discussion

### production d'éthylène

Le début de la crise climactérique correspond au stade où les fruits commencent à accroître leur production d'éthylène. Dans les fruits infiltrés et dans ceux immergés dans du  $\text{CaCl}_2$ , la période de production maximale d'éthylène a été retardée d'au moins 48 h, par rapport aux fruits témoins (figs 1a et b). L'infiltration de chlorure de calcium dans les fruits et leur immersion dans des solutions de  $\text{Ca}^{2+}$  ont donné des résultats comparables.

BRAMLAGE *et al.* (1973) n'avaient pas décelé pareil effet du  $\text{Ca}^{2+}$  dans les pommes ; en revanche, TINGWA et YOUNG (1974) avaient observé une production maximale d'éthylène différente dans les avocats infiltrés avec des sels de calcium et dans ceux immergés dans de telles solutions. Dans les bananes, POOVAIAH et LÉOPOLD (1973) avaient enregistré un retard semblable à celui révélé dans cette expérimentation sur les mangues, causé par le  $\text{Ca}^{2+}$ . Dans les tomates, la production d'éthylène et la respiration ont été inhibées par le calcium, mais cet effet a été irréversible (WILLS et TIRMAZI,

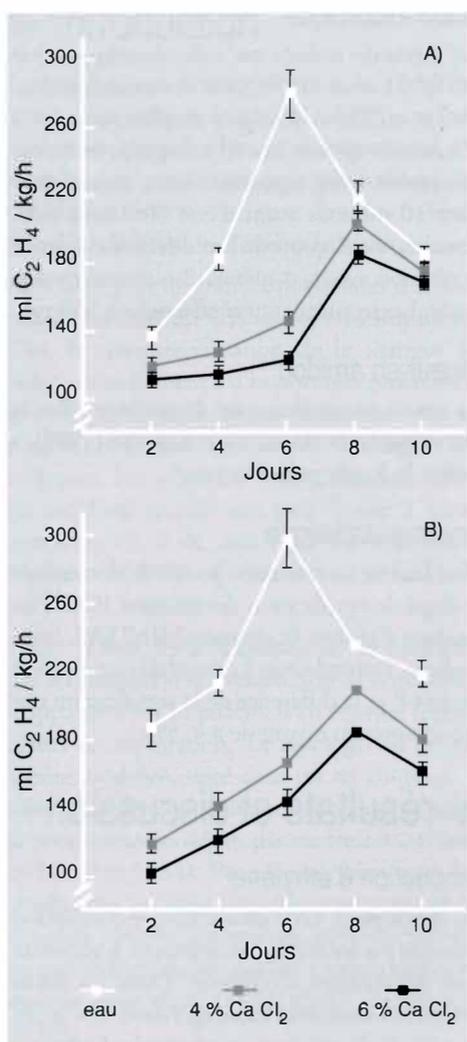


Figure 1  
Production d'éthylène dans les mangues Haden traitées avec du chlorure de calcium. Chaque point représente la moyenne de deux déterminations. Les barres verticales représentent les écarts types. (A) Application du  $\text{CaCl}_2$  par infiltration sous vide ; (B) application du  $\text{CaCl}_2$  par immersion.

1979). Le  $\text{Ca}^{2+}$  réduit donc la production maximale d'éthylène.

### sucres réducteurs et totaux

Les valeurs des sucres réducteurs et totaux sont présentées dans le tableau I. Aucune différence significative n'a été observée entre les deux techniques d'application, infiltration ou immersion des fruits dans les solutions de  $\text{CaCl}_2$ .

Au cours du processus de maturation, les sucres se forment à partir de l'hydrolyse de l'amidon et leur taux augmente continuellement ; dans les fruits témoins, les taux en sucres ont été de 132,75 mg/g pour les sucres totaux et 56,81 mg/g pour les sucres réducteurs au 4<sup>e</sup> jour ; ils ont

atteint respectivement 163,98 et 65,59 mg/g au 16<sup>e</sup> jour. Ces résultats montrent que les sucres réducteurs correspondent à environ 40% des sucres totaux.

Il existe un certain nombre de travaux publiés sur les modifications de la teneur en sucres des mangues pendant la maturation. KRISHNAMURTHY *et al* (1971) et KRISHNAMURTHY et SUBRAMANYAM (1970) ont enregistré une augmentation simultanée du glucose, du fructose et du saccharose.

### solides insolubles dans l'alcool

Le taux des SIA a considérablement diminué pendant la période de stockage, bien qu'aucune différence significative n'ait été mise en évidence entre les différentes techniques d'application de  $\text{Ca}^{2+}$  (tableau II). La teneur en SIA a été la plus importante lors des traitements avec du  $\text{CaCl}_2$  à 6%.

Comme les fractions solides insolubles dans l'alcool sont constituées de cellulose, de pectines, de protéines et d'autres polysaccharides comme l'amidon, il apparaît intéressant de traiter les fruits avec des solutions de  $\text{CaCl}_2$  à 6% pour améliorer leur conservation. Le mécanisme d'action du calcium lors de l'inhibition de la dégradation de ces composés est complexe. Il semblerait que le calcium forme des liens intermoléculaires avec la matrice de substances pectiques, qui devient ainsi moins sensible à l'attaque des enzymes (POOVAIAH, 1986).

### teneur en amidon

Les résultats présentés dans le tableau III révèlent qu'il existe des différences significatives dans la teneur en amidon des fruits selon les concentrations en  $\text{CaCl}_2$  utilisées et selon la technique d'application.

En accord avec les observations réalisées par KALRA et TANDON (1983), la teneur en amidon a diminué d'environ 70% entre la première et la deuxième observation (à 4 jours d'intervalle) ; il est clair que l'amidon est le polysaccharide de réserve le plus important dans les mangues lors de la récolte (BIALE, 1960) et qu'il s'hydrolyse ensuite lors du processus de maturation (MATTOO et MODI, 1969). Dans la banane, la transformation de l'amidon en saccharose *via* le glu-

Tableau I

Effet de la concentration (C) de CaCl<sub>2</sub> et de la technique d'application (A) des solutions de calcium sur la teneur en sucres réducteurs et totaux. I : infiltration sous vide ; S : immersion.

	Stockage (en jours)									
	Sucres réducteurs (mg/g)					Sucres totaux (mg/g)				
	4	8	12	16	20	4	8	12	16	20
CaCl <sub>2</sub> (%)										
0	56,81	58,68	61,75	65,59		132,75	154,38	160,29	163,98	
4	50,65	52,58	55,74	57,85	57,75	125,61	130,47	158,76	155,22	156,87
6	46,47	48,03	55,25	56,64	58,15	118,23	122,58	153,57	153,90	156,06
Application										
I	49,85	52,24	51,75	55,60	56,68	122,49	134,67	155,85	154,02	152,22
S	51,30	52,80	54,20	55,90	56,34	128,55	136,92	159,21	161,34	160,61
Signification										
C	*	*	*	*	NS	*	*	*	*	NS
A	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C x A	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS : non significatif. \* Significatif à P = 5%.

cose 1-phosphate-UDP-glucose (TERRA *et al* 1983) avait été démontrée. Il serait intéressant de vérifier si le même schéma existe pour la mangue.

### teneur en acide ascorbique

Les mangues sont des fruits particulièrement riches en acide ascorbique. Le tableau IV met en évidence des différences significatives de la

teneur en acide ascorbique, entre les fruits infiltrés et ceux immergés dans les sels de calcium. La dégradation de l'acide ascorbique a été bien inférieure dans les fruits infiltrés ; à la cinquième semaine, cette teneur s'est maintenue à 32,83 mg/100 g de poids frais, ce qui présente un avantage nutritionnel certain pour les fruits ainsi traités.

Tableau II

Effet de la concentration (C) de CaCl<sub>2</sub> et de la technique d'application (A) des solutions de calcium sur la teneur en solides insolubles dans l'alcool (SIA). I : infiltration sous vide ; S : immersion.

	Stockage (en jours)				
	4	8	12	16	20
CaCl <sub>2</sub> (%)					
0	11,48	5,97	3,33	2,47	
4	11,74	6,29	3,26	2,95	2,01
6	11,99	7,51	4,19	3,26	2,76
Application					
I	11,78	6,85	3,69	2,84	2,38
S	11,69	6,33	3,73	2,94	2,39
Signification					
C	NS	*	*	*	*
A	NS	NS	NS	NS	NS
C x A	NS	NS	NS	NS	NS

NS : Non significatif. \* Significatif à P = 5%.

Tableau III

Effet de la concentration (C) de  $\text{CaCl}_2$  et de la technique d'application (A) des solutions de calcium sur la teneur en amidon (mg/100 g). I : infiltration sous vide ; S : immersion.

	Stockage (en jours)				
	4	8	12	16	20
CaCl <sub>2</sub> (%)					
0	10,20	3,77	1,71	1,11	
4	10,59	3,81	2,28	1,87	0,91
6	13,42	4,58	2,84	2,55	1,41
Application					
I	10,38	4,11	2,04	2,14	1,52
S	12,42	3,99	2,51	1,53	0,79
Signification					
C	**	**	**	**	**
A	*	*	*	*	*
C x A	*	*	*	*	*

NS : Non significatif. \* Significatif à P = 5%. \*\* Significatif à P = 1%.

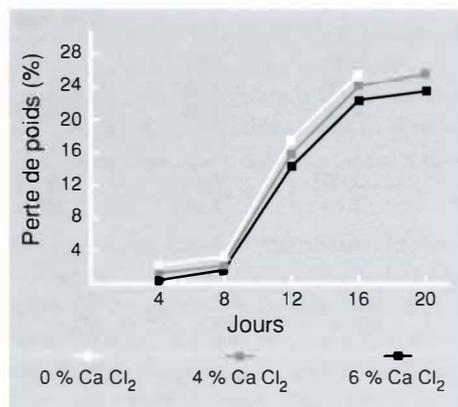
Tableau IV

Effet de la concentration (C) de  $\text{CaCl}_2$  (C) et de la technique d'application (A) des solutions de calcium sur la teneur en acide ascorbique (mg/100 g). I : infiltration sous vide. S : immersion.

	Stockage (en jours)				
	4	8	12	16	20
CaCl <sub>2</sub> (%)					
0	38,24	36,74	30,90	26,16	
4	40,61	42,27	34,62	28,82	28,57
6	46,77	45,74	39,16	33,55	32,83
Application					
I	52,70	58,23	40,77	33,88	32,83
S	31,04	26,93	29,01	28,98	28,14
Signification					
C	*	*	*	*	*
A	**	**	**	**	**
C x A	*	*	*	*	*

NS : Non significatif. \* Significatif à P = 5%. \*\* Significatif à P = 1%.

Figure 2  
Évolution de la perte de poids des mangues Haden pendant leur stockage, en fonction de la concentration de  $\text{CaCl}_2$  appliquée (moyenne des résultats obtenus avec infiltration et avec immersion). Les barres verticales représentent l'écart type.



Des résultats équivalents (acide ascorbique moins vite dégradé) avait été observés par TIRMAZI et WILLS (1981) pour les mangues Kensington Pride, immergées dans du  $\text{CaCl}_2$  à 4%, et par POOVAIAH (1986) pour les pommes Golden Delicious. En revanche, DRAKE et SPAYD (1983) avaient trouvé des teneurs en acide ascorbique plus élevées dans les pommes non traitées que dans celles ayant été immergées dans du  $\text{CaCl}_2$ .

## perte de poids

Les traitements après récolte effectués avec des sels de calcium ont eu un faible effet (non significatif) sur la diminution de la perte de poids (fig 2). Cependant la solution de  $\text{CaCl}_2$  à 6% semble, dans ce contexte, avoir un effet positif. Selon certains résultats obtenus par MOOROO (1991), la perte de poids frais serait moins rapide à partir de concentrations de l'ordre de 2% de  $\text{CaCl}_2$ .

## conclusions

Les applications de calcium ont eu une incidence sur l'ensemble des paramètres de qualité des fruits, étudiés dans cette étude sur la conservation des mangues ; il y aurait une relation directe entre la teneur en calcium des tissus et le retard dans le processus de maturation des fruits.

Les techniques d'application de sels de calcium utilisées, infiltration sous vide ou immersion, ont toutes deux permis de ralentir la maturation ; cependant les infiltrations ont eu tendance à abîmer la peau du fruit, donc à dévaloriser son aspect. La technique d'immersion est donc plus particulièrement conseillée.

L'application, à des fins commerciales, d'un traitement après récolte des mangues, effectué avec des sels de calcium associés à de basses températures de stockage ( $15^\circ\text{C}$ ), permet de prolonger la durée du stockage des mangues d'au moins une semaine ; cela apparaît suffisant pour envisager d'acheminer dans de bonnes conditions les mangues de leur lieu de production jusqu'à des marchés distants.

## références

- Abou ABM, Navaway EL, Abdel Wahab FK, Abdel Kader AS (1976) The effects of storage temperature on quality and decay percentage of 'Paini' and 'Taimur' mango fruits. *Sci Hort* 5 (1), 65-72
- Bangerth F (1979) Calcium regulated physiological disorder of plants. *Ann Rev Phytopathol* 17, 97-99
- Biale JB (1960) The postharvest biochemistry of tropical and subtropical fruits. *Adv Food Res* 10, 293-354
- Bramlage WJ, Drake M, Barker JH (1973) Influence of calcium content on the postharvest behavior of 'Baldwin' apples. *HortScience* 8, 255
- Drake SR, Spayd SE (1983) Influence of calcium treatment on 'Golden Delicious' apple quality. *J Food Science* 48, 403-405
- FAO (1993) *FAO Yearbook Production*. Rome, Italy, FAO, vol 47, FAO statistics series n°117
- Gautam PM, Lizada MCC (1984) Internal breakdown in 'Carabao' mangos subjected to modified atmospheres. *Postharvest Research Notes* 1, 57-60
- Huber DJ (1983) Role of cell wall hydrolases in fruit softening. *Hort Rev* 5, 169-171
- Janoria MP (1974) Sampling variation in alcohol insoluble solids content and viscosity of tomato juice. *J Hort Sci* 49, 305-310
- Kalra SK, Tandon DK (1983) Ripening behaviour of 'Dashehari' mango in relation to harvest period. *Sci Hort* 19, 263-269
- Krishnamurthy S, Patwardham MV, Subramanyam H (1971) Biochemical changes during ripening of mango fruits. *Phytochem* 10, 2577-2581
- Krishnamurthy S, Subramanyam H (1970) Respiratory climacteric and chemical changes in the mango fruit. *J Am Soc Hort Sci* 95, 333
- Mattoo AK, Modi VV (1969) Biochemical aspects of ripening and chilling injury in mango fruit. London, United Kingdom, *Proc Conf Trop Subtrop Fruit*, 111-114
- Medlicott A, Jeger M (1987) *The development and application of postharvest treatments to manipulate ripening of mangoes*. A review. Commonwealth Science Council, ch V, 56-77
- Mootoo A (1991) Effect of postharvest calcium chloride dips on ripening changes in 'julie' mangoes. *Trop Sci* 31, 243-248
- Poovaliah BW (1986) Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. *Food Techn* 40 (5), 86-89
- Poovaliah BW, Leopold AC (1973) Deferral of senescence and ripening with calcium. *Plant Physiol* 51, 18 (suppl)
- Schmall M, Pifer CW, Wollish EG, Duschinsky R, Gainer H (1954) Colorimetric determination of ascorbic acid. New developments concerning the reaction with diazotized 4-methoxy-2-nitroaniline. *Anal Chem* 26, 1521
- Shear CB (1975) Calcium related disorders of fruits and vegetables. *HortScience* 10, 361-365
- Shmieder RL, Keeney PG (1980) Characterization and quantification of starch in cocoa beans and chocolate products. *J Food Sci* 45, 555-557
- Terra NN, Garcia E, Lajolo FM (1983) Starch sugar transformation during banana ripening: The behavior of UDP glucose pyrophosphorylase, sucrose synthetase and invertase. *J Food Sci* 40, 704
- Thomas P, Oke MS (1983) Improvement in quality and storage of 'Alphonso' mangoes by cold adaptation. *Sci Hort* 19, 257-262
- Thompson AK (1971) The storage of mango. *Trop Agric* 48, 63-69

- Ting SV (1956) Rapid colorimetric methods for simultaneous determinations of total reducing sugars and fructose in citrus juices. *Agric Food Chem* 43, 263-266
- Tingwa PO, Young RE (1974) The effect of calcium on the ripening of avocado (*Persea americana* Mill) fruits. *J Am Soc Hort Sci* 99, 540-542
- Tirmazi SIH, Wills RBH (1981) Retardation of ripening of mangos by posharvest application of calcium. *Trop Agric* 58, 138-141
- Wills RB, Tirmazi SIH (1979) Effect of calcium and other mineral on ripening of tomatoes. *Aust Plant Physiol* 6, 221-227
- Wills RBH (1972) Effect of calcium on the production of volatiles by apples. *J Food Agric* 23, 1131-1134