



HAL
open science

Évaluation de l'intérêt du babaco (*Carica pentagona* Heilb.)

Lorena Villarreal, Claudie Dhuique-Mayer, Manuel Dornier, Jenny Ruales,
Max Reynes

► **To cite this version:**

Lorena Villarreal, Claudie Dhuique-Mayer, Manuel Dornier, Jenny Ruales, Max Reynes. Évaluation de l'intérêt du babaco (*Carica pentagona* Heilb.). *Fruits*, 2003, 58 (1), pp.39-52. 10.1051/fruits:2002035 . hal-01519192

HAL Id: hal-01519192

<https://hal.science/hal-01519192>

Submitted on 6 May 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Évaluation de l'intérêt du babaco (*Carica pentagona* Heilb.)

Lorena Villarreal^{a,b}, Claudie Dhuique-Mayer^b, Manuel Dornier^{b,c*}, Jenny Ruales^a, Max Reynes^b

^a Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Ciencia de los Alimentos y Biotecnología, Apdo. P. 17012579, Quito, Ecuador

^b Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad-Flhor), Av. Agropolis, TA 50 / PS4, 34398 Montpellier Cedex 5, France
dornier@cirad.fr

^c École nationale supérieure des Industries alimentaires, section Industries alimentaires régions chaudes (Ensia-Siarc), BP 5098, 34033 Montpellier Cedex 1, France

Interest of the babaco (*Carica pentagona* Heilb.).

Abstract — Introduction. Babaco (*Carica pentagona* Heilb.) is a tropical plant from a mountain climate, native to Ecuador, appreciated for its flavor. **The plant.** Babaco is a perennial shrub of the Caricaceae family. This natural hybrid grows between (1500 and 2500) m in Ecuador. Annual yields are between (60 and 80) fruits per plant. **The fruit.** It is a large seedless fruit, yellow when ripe. Its special aroma is described as having overtones of pineapple, lemon and papaya. When the fruit is green, it exudes latex which has proteolytic characteristics similar to the papaya latex. **Transformation.** The fruit is directly consumed when it is fully ripe. It is also possible to produce juice concentrate, jam or dehydrated fruit. The extraction of proteolytic enzymes of the latex from green babaco could be a new industrial application for this fruit. **Economic tendencies.** Thanks to its high production yields the babaco has a great commercial interest. It is produced in an intensive way only in Ecuador and New Zealand. **Conclusion.** Babaco has economical potential thanks to its sensorial properties, and as a source of proteolytic enzymes.

Ecuador / *Carica pentagona* / crop management / agronomic characters / yields / uses / proteases

*Correspondance et tirés à part

Reçu le 14 janvier 2002
Accepté le 26 juin 2002

Fruits, 2003, vol. 58, p. 39–52
© 2003 Cirad/EDP Sciences
All rights reserved
DOI: 10.1051/fruits:2002035

RESUMEN ESPAÑOL, p. 52

Évaluation de l'intérêt du babaco (*Carica pentagona* Heilb.).

Résumé — Introduction. Le babaco (*Carica pentagona* Heilb.), plante équatoriale de montagne, est originaire d'Équateur. Ses fruits sont particulièrement appréciés pour leur arôme caractéristique. **La plante.** Le babaco est un arbuste semi-ligneux de la famille des Caricacées. Cet hybride naturel se cultive en Équateur entre (1500 et 2500) m. Les rendements de production sont compris entre (60 et 80) fruits par plante et par an. **Le fruit.** Le fruit du babaco est une baie asperme jaune à maturité. Son arôme caractéristique se rapproche à la fois de l'ananas, du citron et de la papaye. Quand le fruit est vert, il exsude un latex qui contient une activité protéolytique semblable à celle de la papaye. **Transformation.** Le fruit est consommé essentiellement à l'état frais. La fabrication de pulpe, conserves et de fruits déshydratés est également possible. L'extraction et la purification des enzymes protéolytiques du latex des fruits verts pourrait être une nouvelle voie de valorisation industrielle du babaco. **Tendances économiques.** Grâce à des rendements de production élevés, ce fruit a éveillé un grand intérêt commercial. L'Équateur et la Nouvelle-Zélande sont les deux seuls pays où le babaco est cultivé à grande échelle. **Conclusion.** Le babaco présente d'intéressantes perspectives économiques, grâce notamment à ses propriétés sensorielles et à ses potentialités comme source d'enzymes protéolytiques.

Équateur / *Carica pentagona* / conduite de la culture / caractère agronomique / rendement / utilisation / protéase

1. Introduction

Le babaco (*Carica pentagona* Heilborn) a été identifié dans les années 1920 [1]. Sa culture commerciale a débuté localement quelques années plus tard, mais ce n'est qu'en 1973 que la plante acquiert sa renommée internationale après son introduction en Nouvelle-Zélande [2]. Grâce à ses caractéristiques, le babaco a pu être introduit en Europe. Depuis 1985, il est cultivé en bordure de Méditerranée, en Italie et en Espagne notamment [3, 4]. Plus récemment, sa culture s'est étendue en Californie aux Etats-Unis. Elle est également mentionnée à Guernesey [5, 6]. Le développement de la culture et de la consommation du babaco peuvent être expliqués par l'arôme original du fruit ainsi que par les rendements de production élevés de la plante.

En Équateur, la production de babaco est importante et le prix de vente des fruits est assez compétitif par rapport à ceux de la papaye ou de l'ananas. Cependant, depuis quelques années, les limitations du marché, le manque de connaissance du produit et la mauvaise organisation de la filière ont généré une surproduction de babacos dans le pays.

Cette situation nous a conduit à effectuer une synthèse des principales caractéristiques de ce fruit tant agronomiques, nutritionnelles que commerciales. Nous avons également évalué le potentiel industriel de la production de divers produits transformés obtenus du babaco, comme les jus et les conserves, ainsi que l'exploitation du latex comme source d'enzymes protéolytiques.

2. La plante

2.1. Présentation générale

Le babaco appartient à la famille des Caricacées. Cette plante pousse en climat équatorial montagnard et serait originaire de la province de Loja en Équateur. Le plus souvent nommé *Carica pentagona* mais

aussi parfois *C. heilbornii*, le babaco est probablement un hybride naturel issu du croisement de *C. stipulata* Badillo et *C. pubescens* (A.D.C.) Kuntze, espèces connues en Équateur sous les dénominations respectives de « toronche » et « chamburo » [2, 5, 7, 8]. En Équateur, la culture du babaco est essentiellement localisée dans les vallées tropicales de la zone interandine, qui se situent entre (1500 et 2500) m d'altitude (Atuntaqui, Perucho, Tumbaco, Patate, Baños, Gualaceo, Santa Isabel et Loja). La plante est un arbuste semi-ligneux monocaule à croissance rapide. Après 6 mois de culture, elle peut dépasser 2 m de hauteur et atteindre 3 m en 1 an.

Son système racinaire est constitué par un axe principal charnu et tubéreux qui peut mesurer jusqu'à 40 cm de diamètre et qui est muni de nombreuses radicelles. Le tronc fibreux, spongieux et de couleur grisâtre est cylindro-conique. Dans les cultures sous serre de 12 mois, il mesure en moyenne 2,3 m de haut avec un diamètre à la base de 13 cm, un diamètre central de 6 cm et un diamètre à l'apex de 3 cm.

À la différence du papayer (*C. papaya* L.) pour lequel toutes les feuilles naissent sur la partie supérieure de la plante en formant un bouquet, les feuilles du babaco se développent alternativement sur le tronc. De forme très voisine de celle des feuilles de papayer, elles sont lobées avec cinq à sept lobes et possèdent des nervures très visibles de couleur vert clair à vert foncé. Le pétiole central vert clair, large et épais, a un diamètre moyen de 1 cm et une longueur d'environ 55 cm sur les plants adultes (*figure 1*) [9].

Les fleurs, en forme de cloche, naissent, 2 à 3 mois après la plantation, à l'aisselle des feuilles. Elles mesurent de (3,5 à 4) cm. Elles sont munies de cinq pétales jaunâtres et de sépales vert foncé. Le babaco est une espèce qui ne présente que des fleurs femelles. Par conséquent, sa reproduction ne peut être qu'asexuée [5, 7, 9].

Au sein de cette espèce, il n'existe pas de variétés clairement identifiées. En effet, les caractéristiques morphologiques des plants existants et de leurs fruits varient très peu [5, 9, 10]. La teneur en sucre des fruits

est néanmoins parfois utilisée pour différencier certains types. Par exemple, un clone appelé « Connops sweet » présentant des fruits particulièrement sucrés a été mentionné en Nouvelle-Zélande.

2.2. Besoins de la plante

Des conditions pédoclimatiques favorables au bon développement de *C. pentagona* (tableau I) sont rencontrées naturellement en Équateur. Pour les pays de la zone tempérée, la culture sous serre est nécessaire afin, notamment, de protéger la plante des basses températures hivernales. Un ensoleillement trop intense peut endommager les feuilles. Le babaco a néanmoins besoin d'une exposition quotidienne au soleil d'au moins 4,5 h. La plante est sensible au vent car son enracinement est assez superficiel. De plus, ses feuilles peuvent être aisément arrachées. Pour la culture du babaco, les sols argilo-sableux, peu acides ou neutres et riches en matière organique (au moins 3 %) sont recommandés [5, 7, 9, 10].

2.3. Propagation

Les plants étant exclusivement femelles, les fruits sans graine du babaco se développent de manière parthénocarpique. La propagation du babaco est donc uniquement végétative.

Des boutures de tronc peuvent être prélevées sur des plants âgés de 2 ans. Les troncs sont alors divisés en tronçons de (25 à 30) cm de longueur et de (4 à 6) cm de diamètre. Après la coupe, les boutures sont laissées à l'air à l'abri du soleil pendant au moins 4 jours pour permettre la cicatrisation et l'élimination du latex. L'application de fongicides est conseillée pour éviter les problèmes phytosanitaires. L'enracinement est obtenu environ 10 semaines après le bouturage. L'utilisation de poudres à base d'acide α -naphthalène acétique permet de le stimuler [2, 5, 9].

Le bouturage à partir de jeunes plants en pleine croissance est très employé en culture sous serre. Les boutures d'environ 10 cm de long et de (1,5 à 2,5) cm de diamètre sont placées dans des caisses

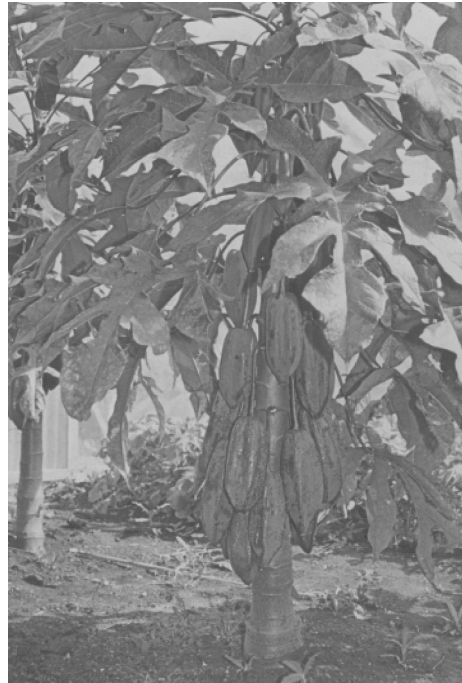


Figure 1.
Vue générale d'un plant de babaco (*Carica pentagona* Heilb.) [9].

Tableau I.

Conditions pédoclimatiques habituelles pour la culture du babaco sur sol argilo-sableux [2, 5, 7, 9, 10].

Caractéristique considérée	Optimum	Minimum	Maximum
pH du sol	6,5–7	5,5	8
Altitude (m)	1500–2500	800	2600
Température (°C)	15–20	5	30
Humidité relative (%)	50–80	–	–
Pluviosité (mm)	600–1300	–	–

contenant une terre stérile à une température d'environ 22 °C. L'humidité relative y est maintenue élevée (90 %) en couvrant les caisses d'un film de polyéthylène transparent. Des hormones d'enracinement peuvent également être appliquées pour stimuler la croissance des racines. Après (6 ou 7) semaines, les boutures sont prêtes à être plantées en godets [5, 7, 9].

Le greffage est une autre technique de propagation surtout utilisée en Équateur. Des plants de « chamburo » (*C. pubescens*) ou de « toronche » (*C. stipulata*) en fin de

cycle productif sont utilisés comme porte-greffes. La greffe est réalisée à une hauteur de (10 à 15) cm. Ce type de propagation permet d'obtenir des plants plus vigoureux qui résistent mieux au froid et aux ravageurs [5, 9].

Les méthodes de culture *in vitro* ou de micropropagation se sont considérablement développées ces dernières années car elles sont relativement aisées à mettre en œuvre sur le babaco [2, 11]. Ces méthodes permettent de reproduire rapidement, notamment à partir de rejets et de bourgeons axillaires, un grand nombre de plantes parfaitement saines [9, 11]. Elles sont largement employées en Nouvelle-Zélande, en Australie et en Italie. La micropropagation à partir d'ovules pour obtenir des cals ovulaires puis des plantules a été utilisée avec succès afin d'améliorer la qualité des fruits et la rusticité des plants [12].

2.4. Culture du babaco

Le babaco peut être cultivé en plein champ ou sous serre. Le choix dépend évidemment des conditions climatiques (vents forts et gelées). Les rendements de production obtenus sous serre sont nettement plus élevés que ceux obtenus en plein champ [2, 9].

Afin de faciliter l'enracinement, le terrain doit être labouré profondément (environ 40 cm). Le nivellement du terrain et l'élimination des mottes de terre sont ensuite indispensables pour éviter que l'eau ne stagne. Après désinfection éventuelle du terrain et ajout de fumure organique, la plantation peut alors être réalisée en double ligne ou en triangle avec une densité de culture de 1 plant pour 1,5 m², soit de (4000 à 6000) plants·ha⁻¹ [2, 5]. Une densité trop élevée diminue significativement la quantité de fruits produite et peut réduire leur taille jusqu'à 30 % [13].

En Équateur, les labours sont généralement pratiqués à la fin de la saison sèche (entre août et septembre selon les régions) et la préparation du terrain est effectuée en début de saison humide (entre novembre et décembre). Néanmoins, dans ce pays, le babaco peut être cultivé en toute saison [7],

ce qui n'est pas le cas dans les zones tempérées. En Italie, le printemps est la meilleure époque pour la plantation [9]. En Californie (San Francisco), le babaco est cultivé entre août et septembre et la première récolte est réalisée entre octobre et novembre. En Nouvelle-Zélande les fruits sont récoltés, en général, 11 mois après la plantation. Dans ces pays, malgré une floraison continue sur l'année, la plante ne développe pas de fruits en hivers à cause d'un ensoleillement insuffisant [13, 14].

Des apports d'eau fréquents et réguliers sont nécessaires pour assurer un bon développement de la plante et une production satisfaisante de fruits. Le babaco est en effet relativement sensible à la sécheresse et l'irrigation doit être adaptée au type de sol et à la saison de culture. Pour les sols argileux, une irrigation pratiquée tous les 12 jours suffit. Pour les sols sableux, la fréquence des irrigations doit être augmentée (tous 8 jours en saison humide et tous 4 jours en saison sèche). Une attention particulière doit être portée à la plante immédiatement après la plantation, au début de la floraison et pendant le développement et la maturation des fruits [2, 5].

Pendant la croissance de la plante, il est nécessaire d'ajouter au terrain de la matière organique ainsi que des macronutriments tels que de l'azote, du potassium, du phosphore et du magnésium. Les fertilisants les plus employés sont l'urée, le nitrate de calcium, le nitrate de potassium, le sulfate de magnésium et le phosphate diacide de potassium [5, 7, 13] (*tableau II*).

Afin d'obtenir des plants de hauteur satisfaisante et des fruits de qualité, il est indispensable d'éliminer les rejets qui apparaissent sur la souche. La désinfection des blessures de coupe est alors conseillée afin d'éviter tout problème phytosanitaire. Après la récolte, une taille de restauration est pratiquée pour favoriser le développement végétatif et productif de la plante pour le cycle suivant [10, 14].

2.5. Maladies et ravageurs

L'expansion du babaco est limitée par sa sensibilité aux maladies et aux ravageurs [14, 15]. Ainsi, des mesures phytosanitaires adéquates s'imposent, en

commençant par le choix de plants sains et en contrôlant attentivement l'état sanitaire de la culture.

La fusariose est une maladie commune du babaco. Provoquée par *Fusarium* sp., elle conduit à la putréfaction des racines de la plante qui, finalement, dépérira. D'autres agents pathogènes comme *Phytophthora* sp., *Pythium* sp. ou *Rhizoctonia* sp. s'attaquent également aux racines et provoquent la mort de la plante [5, 7, 14].

L'alternariose (*Alternaria* sp.) se traduit par l'apparition de petites taches jaunes puis brunes sur les feuilles, notamment les plus jeunes. En diminuant la surface active des feuilles, la capacité photosynthétique de la plante est altérée. Cette maladie peut conduire à la chute des feuilles.

L'oïdium se manifeste par l'apparition d'un duvet blanc notamment à l'envers des feuilles ou sur les fleurs.

Enfin, l'anthracnose (*Mycosphaerella* sp.), maladie commune chez les Caricacées, conduit au développement de taches brunes de grande taille sur les feuilles (jusqu'à 3 cm de diamètre). Si l'infection est grave, les feuilles tombent [2, 5, 7].

Des acariens, notamment *Tetranychus fimaiculatus* et *Hemitar somemuslatus* s'attaquent principalement au feuillage des plantes. Ils forment des colonies sur l'envers des feuilles qui jaunissent. Ils peuvent également attaquer les fruits [7, 10].

Les principaux nématodes mentionnés appartiennent aux espèces *Meloidogyne incognita* et *M. javanica*. Ils provoquent des excroissances sur les racines et retardent le développement de la plante. Le tronc s'affaiblit. Les feuilles jaunissent et se fanent. Si l'attaque est importante, la plante peut même mourir. Il est possible de contrôler ces ravageurs en inoculant le sol avant la culture par un champignon nématophage (*Arthrobotrys irregularis*) ou en pratiquant la rotation des cultures avec des plantes qui repoussent ces nématodes comme par exemple l'artichaut [5].

L'application de pesticides nécessite quelques précautions afin d'éviter les dommages causés à l'environnement (insectes et animaux propres de l'écosystème) et aux

Tableau II.

Fréquence d'application et quantités des amendements recommandés (g.plant⁻¹) pour la culture du babaco [5].

Période d'application (nombre de mois après ensemencement)	N	P	K	Mg
3	50	–	–	–
6	80	150	100	50
9	120	–	100	50
12	150	150	150	100
13	150	–	250	100
16	200	250	200	100
19	200	–	–	–

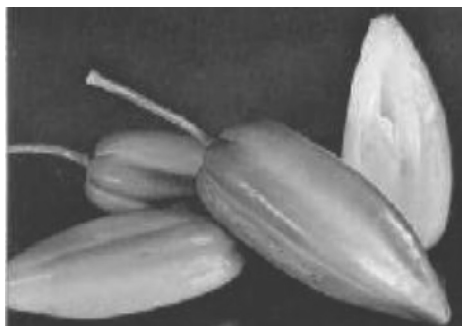
plantes elles-mêmes. Pour le babaco, il est conseillé de réaliser les traitements très tôt le matin ou le soir. Le babaco est sensible aux doses excessives de produits chimiques qui peuvent provoquer la chute des feuilles, des fleurs ou des fruits [2, 5, 7]. Enfin, le dernier traitement ne peut être envisagé au-delà de 2 semaines avant la récolte.

3. Le fruit

3.1. Caractéristiques générales

Le fruit du babaco est habituellement classé dans les papayes dites de montagne. Cette baie ne comporte pas de graines. Elle ne semble pas non plus présenter de cavité ovarienne. Ces caractéristiques très particulières ne sont pas encore bien comprises et sont actuellement à l'étude. Les fruits se développent à l'aisselle des feuilles probablement sans pollinisation [7, 14]. La section pentagonale du fruit est à l'origine de la dénomination latine de la plante (*figure 2*). Les cinq arêtes longitudinales se rejoignent en pointe à son extrémité inférieure. Au niveau du pétiole, la base est ronde et concave. Le fruit peut mesurer jusqu'à 30 cm de long et 15 cm de large.

Figure 2.
Le fruit du babaco (*Carica pentagona* Heilb.) [9].



Son poids est compris entre (0,5 et 2,0) kg. Sa peau est verte et devient jaune quand il mûrit. Comme la papaye, le fruit vert du babaco exsude un latex qui contient des enzymes protéolytiques.

Le fruit du babaco est climactérique comme la papaye. Sur un même arbre, les fruits ne mûrissent pas simultanément mais selon un gradient vertical de bas en haut [7, 16]. Pendant la maturation, le changement de couleur s'observe d'abord entre les arêtes puis s'étend sur toute la surface du fruit. La pulpe, comestible à maturité, est localisée sur une épaisseur de (1 ou 2) cm sous l'épicarpe. De couleur ivoire, elle est très aqueuse, de saveur douceâtre et très parfumée. Son arôme particulier s'apparente à un mélange d'ananas, de citron, de papaye et de fraise. La cavité centrale du fruit est occupée par une structure à texture spongieuse où devraient se trouver les graines [2, 5, 9, 13]. La proportion de pulpe dépend significativement de la maturité du fruit et de la zone de culture (*tableau III*) [9, 17].

3.2. Récolte

La récolte du babaco commence généralement à partir du douzième mois après la plantation. Pour connaître l'état de maturité, la texture du fruit peut être évaluée avec un pénétromètre. Cependant, le meilleur indice pour déterminer le point de coupe est le début du changement de la couleur qui commence par la partie équatoriale du fruit [3]. Harman [16] a établi une échelle de couleur pour le babaco (*tableau IV*). Le stade précis de maturité de récolte des fruits est supposé être le même que celui de la papaye, c'est-à-dire à une couleur de degré 1.

La récolte se réalise manuellement en coupant le pétiole à 2 cm du fruit afin de limiter les attaques fongiques et de retarder la maturation. Après la coupe, le pétiole exsude du latex. Il est indispensable d'éviter que ce latex entre en contact avec la peau très sensible du babaco [2, 16]. Il est préférable de ne pas récolter le babaco en plein soleil car les fruits récoltés ont tendance à se déshydrater facilement.

3.3. Conservation

Après récolte, les fruits sont transportés de la plantation jusqu'à un centre de réception, puis pesés, nettoyés, triés et classés. Ils sont ensuite emballés en cartons ou en caisses en bois pour le stockage.

À température ambiante (20–25 °C), les fruits atteignent leur maturité (15 à 30) jours après la récolte. Le phénomène peut être accéléré en utilisant de l'éthylène. En revanche, une température de 15 °C

Tableau III.

Constitution ($\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$) du fruit de babaco en fonction de sa maturité et de son origine [9, 17].

Fraction considérée	Fruit vert Équateur	Fruit mûr Équateur	Fruit mûr Italie
Épicarpe	7,3	11,9	9
Pulpe	87,1	80,9	84
Partie centrale spongieuse	5,6	7,2	7

Tableau IV.
Échelle de couleur de Harman pour l'évaluation de la maturité des fruits de babaco [16].

Catégorie de couleur	% de surface de la peau du fruit colorée en jaune
0	Fruit vert
1	10–20
2	20–30
3	30–50
4	50–70
5	70–90
6	90–100
7	100

permet d'augmenter la durée de conservation d'une quinzaine de jours. L'humidité relative de l'air pendant le stockage doit être comprise entre (80 et 90) % [3, 17]. Quand le fruit a atteint 75 % de sa couleur jaune, il est prêt à être consommé.

Diverses études ont été réalisées afin de prolonger la durée de conservation du babaco. Harman [16], a montré que les fruits subissaient des dommages très sévères à des températures inférieures à 3 °C. En revanche, un stockage de 5 semaines à 6 °C suivi d'1 semaine à 20 °C a conduit à des fruits de qualité satisfaisante. D'autres recherches réalisées en Italie montrent que le babaco peut être stocké 1 semaine à 4 °C minimum [3]. Par rapport à la papaye qui ne supporterait pas des températures inférieures à 8–10 °C, le babaco serait donc plus résistant au froid. Cela est probablement lié à l'adaptation de ces plantes à différentes conditions climatiques : le babaco est un fruit de climat tropical montagnard tandis que la papaye se développe en climat tropical beaucoup plus chaud. Enfin, une faible perte de poids de (2 à 4) % est observée pendant le stockage [3].

La respiration et la production d'éthylène augmentent corrélativement avec le changement de la couleur du fruit. À 18 °C,

l'intensité respiratoire de fruits jaunes à 70 % se maintient entre (4 et 7) mL CO₂·kg⁻¹·h⁻¹. Pour des fruits jaunes de (70 à 100) %, elle augmente à 12 mL CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ voire à 14 mL CO₂·kg⁻¹·h⁻¹. La production d'éthylène est de 0,5 µL·kg⁻¹·h⁻¹ pour les fruits jaunes à 50 % et de 7 µL·kg⁻¹·h⁻¹ pour les fruits jaunes à 100 % [16]. Elle est d'autant plus importante que la température est élevée.

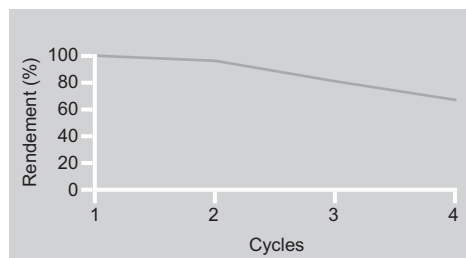
3.4. Rendements

Dans son habitat d'origine, un plant de babaco produit annuellement (60 à 80) fruits. Ces valeurs élevées lui confèrent un intérêt commercial évident. Les premiers fruits sont généralement récoltés (12 à 16) mois après la plantation. La période de récolte se prolonge jusqu'au dix-huitième, voire au vingtième mois. Ainsi, le cycle productif du babaco depuis la plantation jusqu'à la récolte dure au total de (18 à 20) mois. Le tronc est ensuite coupé au ras du sol. Après 8 mois qui sont nécessaires à sa régénération, la plante est prête pour un autre cycle de production. Le babaco s'arrête de produire après quatre cycles de production, le rendement de production diminuant avec l'âge de la plante [10] (*figure 3*).

Les rendements de production dépendent de nombreux facteurs tels que les conditions pédoclimatiques, la qualité des plants utilisés, le type de culture (en plein champ ou sous serre), les conditions de plantation, l'application d'engrais ou le contrôle sanitaire de la plante. Des rendements plus élevés sont généralement mentionnés en culture sous serre. En Équateur, les rendements de production sont le plus souvent compris entre (40 et 60) t·ha⁻¹·an⁻¹. Néanmoins, ils peuvent s'échelonner entre 10 t·ha⁻¹·an⁻¹ [18] et 100 t·ha⁻¹·an⁻¹ pour des cultures sous serre [15, 19].

En Équateur, il est possible d'obtenir 100 fruits par plants durant la vie utile de la plante [15]. Des études réalisées en Nouvelle-Zélande montrent que des rendements de 100 t·ha⁻¹·an⁻¹ peuvent être atteints sous serre avec une production de 50 fruits par plant et par an [13]. En Italie, les cultures sous serre produisent

Figure 3.
Évolution du rendement agricole de production pendant la vie utile du babaco (*Carica pentagona* Heilb.) [10].



annuellement entre (25 et 50) fruits par plant [2]. Enfin, de récents essais effectués en Angleterre indiquent qu'il est possible d'avoir deux récoltes en 2,5 ans de production avec un rendement de près de 60 fruits par plant [6].

3.5. Composition

Par rapport à la papaye (*C. papaya*), le babaco est plus riche en eau et en protéines que la papaye (tableaux V, VI).

Sa teneur en sucres est plus faible et son acidité plus élevée [4]. Les sucres réducteurs y sont plus abondants que le saccharose [20]. Parmi les acides organiques présents dans le fruit, l'acide malique est majoritaire.

Comparativement à la papaye, la teneur en vitamine C du babaco est faible [21]. Les fruits mûris naturellement sont plus riches en vitamine C que ceux qui ont subi une maturation artificielle en mûrisserie. Pour les autres vitamines, les teneurs mesurées dans le babaco sont généralement plus faibles que celles de la papaye. Enfin, les deux fruits ont des compositions similaires en minéraux bien que le babaco soit légèrement plus riche en fer.

L'arôme du babaco est la caractéristique la plus appréciée du fruit. Les composés volatils responsables de l'arôme particulier, doux et délicat, du babaco ont été étudiés par divers auteurs. Sur des babacos originaires de la Nouvelle-Zélande,

Tableau V.
Principales caractéristiques biochimiques du fruit de babaco et de la papaye [4, 20, 29–37].

Composé	Babaco	Papaye
Énergie (kJ·100 g ⁻¹)	82–93	137–146
Eau (g·100 g ⁻¹)	92,8–94,0	87,0–90,7
Protéines (g·100 g ⁻¹)	0,7–1,3	0,3–1,5
Fibres (g·100 g ⁻¹)	0,5–1,0	0,6–2,5
Lipides (g·100 g ⁻¹)	0,02–0,20	0,06–0,3
Cendres (g·100 g ⁻¹)	0,2–0,3	0,1–0,6
Glucides (g·100 g ⁻¹)	4,6–6,0	7,80–12,18
Glucose (g·100 g ⁻¹)	1,1–2,5	2,5–3,8
Fructose (g·100 g ⁻¹)	1,0–2,1	2,5–2,7
Saccharose (g·100 g ⁻¹)	0,6–1,5	2,8–5,9
pH	4,0–4,3	5,5–5,9
Acidité titrable (mEq·100 g ⁻¹ jus)	7,8–10,4	1,5
Acide malique (g·100 g ⁻¹)	0,40–0,57	0,02–0,03
Acide citrique (g·100 g ⁻¹)	0,10–0,16	0,02–0,03

Tableau VI.

Teneurs comparées en vitamines et éléments minéraux pour les fruits de babaco et de papaye [30–35].

Composé (mg·100 g ⁻¹)	Babaco (mg·100 g ⁻¹)	Papaye (mg·100 g ⁻¹)
Vitamine C	23–31	22–130
Thiamine (vitamine B ₁)	0,02–0,03	0,02–0,06
Riboflavine (vitamine B ₂)	0,02–0,06	0,03–0,10
Niacine (vitamine B ₃)	0,5–1,0	0,1–0,6
β-carotène (pro-vitamine A)	0,16–0,20	0,10–4,80
Potassium	132–220	140–312
Sodium	1,3–3,0	2,0–7,0
Calcium	8–12	8–42
Magnésium	6,0–15,3	6,0–41,0
Fer	0,3–4,0	0,1–2,5
Zinc	0,08–0,10	0,05–0,30
Phosphore	7,7–17,0	3,0–30,0

Shaw *et al.* [22] ont isolé 32 composés. Le 1-butanol et le 1-hexanol sont quantitativement les plus importants. Sur la base d'évaluations sensorielles, ces auteurs concluent que l'hexanoate et le butanoate d'éthyle sont les principaux composés responsables de l'arôme spécifique du fruit. Sur 37 composés d'arômes identifiés, ces deux derniers esters représentent les composés majoritaires de babacos australiens [23]. Pour des fruits produits en Italie, sur un total de 119 composés identifiés, les alcools (1-butanol et 1-hexanol) sont les composés les plus abondants. Ils sont accompagnés d'hydrocarbures, d'aldéhydes, de cétones, d'acides, d'esters et enfin de composés terpéniques. L'arôme caractéristique du babaco est la résultante de la présence de l'ensemble de ces composés. Parmi les composés d'arôme du babaco, certaines molécules plus spécifiques d'autres fruits ont été également identifiées. C'est le cas par exemple du 3-oxobutanoate d'éthyle que l'on trouve dans la fraise et le fruit de la passion, du 3-hydroxybutanoate de butyle présent dans la pomme, la mangue et la papaye et du trans-but-2-enoate

d'hexyle présent dans l'annone réticulée et la papayuela (*C. candinamaricensis* Hook), une autre papaye de montagne [24].

La variabilité des résultats d'un auteur à l'autre s'explique par les diverses origines de la matière première végétale et également par les diverses méthodes d'extraction et d'analyses employées. Cependant, toutes les études évoquées montrent que les alcools supérieurs et les esters sont les composés aromatiques majoritaires du babaco.

En comparant le babaco avec d'autres types de papayes, certaines similitudes ont pu être mises en évidence (*tableau VII*). D'une manière générale, la composition en composés d'arôme du babaco est voisine de celle de la papayuela aux concentrations près.

Le babaco appartenant à la famille des Caricacées, son latex contient des enzymes protéolytiques voisines de la papaïne. Dhuique-Mayer *et al.* [25] ont mesuré l'activité protéolytique et lipolytique du latex de babaco en la comparant avec celle de deux

Tableau VII.

Composition (%) comparée des arômes des fruits de babaco (*Carica pentagona* Heilb.), de papaye (*C. papaya* L.) et de papayuela (*C. candinamarcensis* Hook) [29, 38, 39].

Composé considéré	Babaco	Papaye	Papayuela
Esters	47,2	30,2	50,7
Alcools	30,2	28,3	7,7
Hydrocarbures	5,7	23,6	14,4
Aldéhydes et cétones	11,3	8,5	16,4
Acides	1,8	–	2,6
Autres	3,8	9,4	8,2

préparations commerciales de papaïne brute. L'activité protéolytique du babaco (5,7 unités protéasiques par mg) est équivalente ou légèrement supérieure à celle de la papaïne commerciale (4,6 unités protéasiques par mg). L'activité lipolytique du babaco, mise en évidence pour la première fois dans ce travail, est également du même ordre de grandeur, voire supérieure, par rapport à celle de la papaïne commerciale : (1,0 et 0,9) unités lipolytiques par mg, respectivement.

4. Transformation des fruits

Traditionnellement le babaco se consomme à l'état frais lorsque le fruit est totalement mûr. Dans ce cas, la peau est également comestible. Grâce à son arôme caractéristique, il est aussi fréquemment utilisé pour aromatiser glaces et yaourts. Différents procédés de transformation ont été étudiés pour valoriser les fruits non commercialisables en frais.

L'élaboration de jus de babaco suit un procédé classique : sélection des fruits, nettoyage, broyage, extraction du jus à l'aide d'un épulpeur, homogénéisation, éventuellement concentration, emballage et pasteurisation. Évidemment, seuls les fruits suffisamment mûrs qui ont déjà développé leur arôme sont alors utilisés. Grâce à l'acidité naturelle du fruit, la pasteurisation suffit à

stabiliser durablement le produit sans qu'il soit nécessaire d'y ajouter un conservateur. Quelques opérations spécifiques permettent néanmoins d'améliorer la qualité du produit fini comme un blanchiment préalable des fruits (90 °C, 3 min) pour désactiver les enzymes protéolytiques endogènes ou une désaération (65 °C, 1 min) pour limiter les dégradations oxydatives [26]. La concentration du jus est classiquement réalisée par évaporation à pression atmosphérique ou sous vide jusqu'à 60 % d'extrait sec soluble [17]. Le couplage de l'évaporateur avec un système de récupération d'arômes est alors indispensable. En utilisant par exemple un séchoir cylindre, ce concentré peut être enfin déshydraté pour obtenir une poudre d'humidité inférieure à 5 % [26].

Quelques études portant sur la fabrication de babaco séchés et en conserves ont été réalisées en Équateur [17]. Après parage et découpe en cubes d'environ 2 cm de côté, un produit intéressant a pu être obtenu par séchage entre (55 et 60) °C pendant (5 à 6) h en séchoir tunnel. Des morceaux de babaco au sirop en conserve ont également été élaborés. Après conditionnement à chaud en bocaux, le produit est stabilisé par pasteurisation en utilisant un barème de 100 °C pendant 15 min. Le blanchiment préalable des morceaux de fruit diminue la qualité sensorielle du produit fini.

5. Tendances économiques

Même si la production de babaco est ancienne, sa commercialisation ne s'est développée que récemment. Le babaco est surtout produit en Équateur et en Nouvelle-Zélande. Les données présentées dans notre synthèse se réfèrent exclusivement à la production équatorienne, les chiffres relatifs à la production néo-zélandaise étant quasiment inexistantes.

En Équateur, le babaco est classé dans la catégorie des produits d'exportation dits « non traditionnels » qui inclut notamment les fleurs, le jus du fruit de la passion, l'huile de palme, le cœur de palmier, la mangue et l'ananas. Ces produits représentent environ 13 % des exportations agro-industrielles équatoriennes avec, comme principaux pays importateurs, la Colombie, les États-Unis et l'Union européenne.

L'analyse de la production des principaux fruits « non traditionnels » exportés par l'Équateur entre 1996 et 1999 montre une diminution de la production en 1997 ou 1998 pour la mangue et l'ananas (*tableau VIII*). Celle-ci serait à lier au phénomène « El Niño » qui a conduit à d'importantes perturbations climatiques dans les régions tropicales du pays. En revanche, la production de babaco est restée stable pendant cette même période car la plante est cultivée en altitude dans des zones qui ont

été peu affectées par le phénomène. À noter que la culture et la production de papayes est très largement supérieure à celles du babaco.

Le babaco est majoritairement cultivé pour le marché local. Les exportations, qui ne représentent encore que (1 à 1,5) % de la production, sont très peu développées. La méconnaissance du produit sur les marchés internationaux et certains problèmes phytosanitaires liés à la présence de résidus de pesticides mentionnés à l'entrée sur le marché américain en sont probablement les principales causes. Néanmoins, ces exportations ont été multipliées pratiquement par quatre entre 1997 et 1998 pour se stabiliser depuis à environ 9 t·an⁻¹ (*figure 4*).

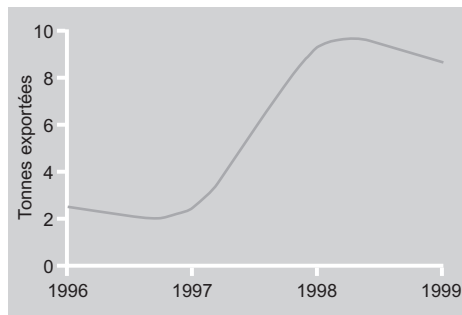
Pour les marchés d'exportation, la demande s'oriente plutôt vers des fruits de calibre moyen pesant entre (400 et 800) g et ne mesurant pas plus de 25 cm de longueur. Les fruits frais sont généralement conditionnés en caisses de bois ou en cartons de (15 à 16) kg contenant de (12 à 18) fruits [27]. Des feuilles de papier sont intercalées entre les fruits pour limiter les chocs et les frictions pendant le transport.

Les prix fluctuent significativement au cours de l'année. En Équateur, ils sont minimaux entre avril et septembre. En 1997, les prix sur les marchés internationaux de gros oscillaient entre (2,19 et 2,47) \$US·kg⁻¹ aux

Tableau VIII.
Principaux fruits produits par l'Équateur, hors bananes [18].

Fruit produit	1996		1997		1998		1999	
	(ha)	(t)	(ha)	(t)	(ha)	(t)	(ha)	(t)
Babaco	79	632	25	419	106	639	96	575
Fraise	68	590	48	24	64	67	54	56
Mangue	4 107	54 163	1 114	2 953	8 960	68 693	9 064	94 802
Fruit de la passion	3 610	34 904	9 167	70 890	13 040	91 820	32 847	373 436
Papaye	1 070	13 239	4 673	69 202	4 333	68 114	5 685	111 870
Ananas	4 938	57 851	10 429	301 499	5 146	79 947	6 166	123 597

Figure 4.
Évolution des exportations
équatoriennes de babaco
(*Carica pentagona* Heilb.) entre
1996 et 1999 [27].



Pays-Bas et entre (3,03 et 3,78) \$US·kg⁻¹ au Royaume-Uni. Ils étaient en moyenne de 3,25 \$US·kg⁻¹ à New York et de 3,40 \$US·kg⁻¹ à Paris [28]. Notons enfin que le babaco équatorien est exonéré des droits de douane aux États-Unis et dans l'Union européenne.

6. Conclusion

Principalement produit en Équateur et en Nouvelle-Zélande, le babaco est une papaye relativement bien connue aujourd'hui. Depuis les années 1980, la plante a fait l'objet de diverses études portant aussi bien sur les conditions de culture que sur la caractérisation biochimique des fruits. Le fruit étant parthénocarpique, la propagation uniquement végétative est classiquement réalisée par bouturage, mais de récents travaux ont montré qu'il est également possible de multiplier les plants avec succès par micropropagation (embryogenèse somatique ou organogénèse). La culture de cette plante de climat tropical de montagne peut être également conduite sous serre avec des rendements de production en fruits élevés.

Malgré ses aptitudes de conservation en frais qui sont bien adaptées au transport maritime, le potentiel commercial du babaco reste à promouvoir car ce fruit est peu connu sur les marchés internationaux. Une démarche marketing semble donc nécessaire. Compte tenu des rendements potentiels élevés d'extraction de pulpe, le babaco est également un fruit bien adapté aux transformations industrielles. De plus,

par rapport à la papaye, la plus grande acidité du babaco facilite les traitements de stabilisation des produits finis. Des études de marché et de faisabilité technico-économique portant sur quelques produits transformés comme les purées, les jus ou les produits déshydratés mériteraient d'être menées en vue d'un futur développement industriel.

Enfin, la valorisation du latex produit par la plante pourrait également être envisagée. Ce latex contient en effet des enzymes protéolytiques dont l'activité est comparable à celle mesurée dans la papaye. Une étude approfondie de cette voie de valorisation potentielle éventuellement couplée avec la production de produits transformés à base de fruits serait néanmoins nécessaire pour confirmer son intérêt.

Références

- [1] Bois D., Les plantes utiles, Tome II, Paul Lechevalier, Paris, France, 1928.
- [2] Cossio F., Babaco, frutto prossimo futuro, Inf. Agrar. 40 (1985) 63–67.
- [3] Mencarelli F., Fontana F., Massantini R., Postharvest behaviour and chilling injury in babaco fruit, in: Tropical fruit international trade, Acta Hortic. 269 (1990) 223–231.
- [4] Romero-Rodríguez M.A., Vazquez-Oderis M.L., Lopez-Hernandez J., Simal-Lozano J., Composition of babaco, feijoa, passionfruit and tamarillo in Galicia North-West Spain, Food Chem. 49 (1994) 23–27.
- [5] Viteri P., El cultivo del babaco en el Ecuador, Manual N19, Programa de frutales, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Quito, Ecuador, 1992.
- [6] Anonymous, A flavour of the tropics, Grower, April (1998) 51–52.
- [7] Soria A.N., Babaco, fruto con potencial en el Ecuador y el mundo, Programa de fruticultura, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Quito, Ecuador, 1993.
- [8] Badillo V.M., La flore d'Équateur, Vol. 20, Swedish Res. Council. Publ., Stockholm, Sweden, 1983.
- [9] Cacciopo O., Il babaco manuale pratico, Reda, Edizioni per l'agricoltura, Roma, Italia, 1987.

- [10] Hernandez T., Rivadeneira V., Muñoz O., Cincuenta cultivos de exportación no tradicionales, Fundación Desde el Surco, Corporación Financiera Nacional, Quito, Ecuador, 1997.
- [11] Jordan M., Piwanski D., Regeneration of babaco using leaf explants and shoot-tip culture, *Rev. Int. Bot. Exp.* 61 (1997) 109–115.
- [12] Vega de Rojas R., Kitto S.J., Regeneration of babaco from ovular callus, *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 116 (1991) 747–752.
- [13] Kempler C., Kabaluk J.T., Nelson M., Greenhouse cultivation of babaco effect of media, container size, stem number, and plant density, *New Zeal. J. Crop Hort.* 21 (1993) 273–277.
- [14] Anonymous, CRFG Fruit Facts on-line, California Rare Fruits Growers Inc (CRFG), <http://www.crfg.org/pubs/ff/babaco.html>, 1997.
- [15] Soria A.N., Frutales andinos, perspectivas de desarrollo y exportación en el Ecuador, *Proc. Interam. Soc. Trop. Hortic.* 38 (1994) 18–22.
- [16] Harman J.E., Preliminary studies on the postharvest physiology and storage of babaco fruit, *New Zeal. J. Agr. Res.* 26 (1983) 237–243.
- [17] Bastidas V., Optimización de los parámetros en la industrialización del babaco para la obtención de deshidratado, concentrado y producto en almíbar, Proyecto Universidad Técnica particular de Loja Conuep, Loja, Ecuador, 1992.
- [18] Anonymous, Servicio de Información Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería, Proyecto Sica banco mundial, <http://www.sica.gov.ec>, Quito, Ecuador, 2001.
- [19] Anonymous, Banco Central del Ecuador, Información Económica y Estadística, <http://www.bce.fin.ec>, Quito, Ecuador, 1997.
- [20] Lancashire R.L., Department of Chemistry, University of the West Indies, Mona Campus, Kingston 7, <http://wwwchem.uwimona.edu.jm:1104/lectures/papaya.html>, Jamaica, 1997.
- [21] Vinci G., Botrè F., Mele G., Ascorbic acid in exotics fruits: a liquid chromatographic investigation, *Food Chem.* 53 (1995) 211–214.
- [22] Shaw G.J., Allen J.M., Visser F.R., Volatile flavor components of babaco fruit, *J. Agr. Food Chem.* 33 (1985) 795–797.
- [23] Bartley J.P., Volatile flavor components in the headspace of the babaco fruit, *J. Food Sci.* 53 (1988) 138–140.
- [24] Barbeni M., Guarda P.A., Villa M., Cabella P., Pivetti F., Ciaccio F., Identification and sensory analysis of volatile constituents of babaco fruit, *Flavour Frag. J.* 5 (1990) 27–32.
- [25] Dhuique-Mayer C., Caro Y., Pina M., Ruales J., Dornier M., Graille J., Biocatalytic properties of lipase in crude latex from babaco fruit, *Biotechnol. Lett.* 23 (2001) 1021–1024.
- [26] Castaldo D., Lo Voi A., Palmeri L., Dall'Aglio G., Carpi G., Rillo L., Transformatione del babaco in prodotti semifiniti, *Ind. Conserve* 64 (1989) 117–120.
- [27] Anonymous, Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones (Corpei), <http://www.corpei.org>, Quito, Ecuador, 2000.
- [28] Muñoz O., Compilation d'information Cirad-Filhor, Fao, Untacd/Gatt, Fpmi (Israel), Fruitrop, Eurostat, Marketings, Service Acoabastos Biblioteca del Banco Central del Ecuador, Quito, Ecuador, 1997.
- [29] Ortega A., Pino J.A., Los constituyentes volátiles de las frutas tropicales II, *Frutas de las especies de Carica*, *Alimentaria* 27 (1997) 27–40.
- [30] Wills R.B.H., Lim J.S.K., Greenfield H., Nutrient composition of babaco fruit, *J. Plant Foods* 6 (1985) 165–166.
- [31] Anonymous, Jamaica Papaya Growers Association, Jamaica Exporters, <http://www.exportjamaica.org/papaya/general.htm>, Jamaica, West Indies, 1997–2001.
- [32] Romero R.A., Gonzales M.V., Lage, M.A., Lopez, J., Paseiro, P., Lozano, J., Identificación y cuantificación por HPLC de los ácidos orgánicos mayoritarios en frutas, *An. Bromatología XLII-2* (1990) 299–306.
- [33] Cossio F., Bassi G., Alcune osservazioni sul babaco in Italia e all'estero, *Frutticoltura* 3 (1987) 45–53.
- [34] Ferrara E., Gioglio V., Gherardi S., Aspetti qualitative dei frutti di babaco prodotti in Puglia, *Frutticoltura* 7 (1989) 67–69.
- [35] Favier J.C., Ireland-Ripert J., Laussucq C., Feinberg M., Table de composition des fruits exotiques, fruits de cueillette d'Afrique, Répertoire Général des Aliments, tome 3, Tech. Doc. Lavoisier, Paris, France, 1993.

- [36] Chan H.T., Handbook of Tropical Foods, Agricultural Research Service, Ed. Marcel Dekker, New York, USA, 1983.
- [37] Souci S.W., Fachmann W., Kraut H., Food composition and nutrition tables, Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie-garching, Ed. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, Deutschland, 1990.
- [38] Flath R., Light D.M., Jang E.B., Mon T.R., John J.O., Headspace examination of volatile emissions from ripening papaya (*Carica papaya* L. Solo variety), J. Agr. Food Chem. 38 (1990) 1060–1063.
- [39] Morales A., Duque C., Aroma constituents of the fruit of the mountain papaya (*Carica pubescens*) from Colombia, J. Agr. Food Chem. 35 (1987) 538–540.

Interés del babaco (*Carica pentagona* Heilb.).

Resumen — Introducción. El babaco (*Carica pentagona* heilborn) es una planta tropical de clima de montaña originaria del Ecuador con fruto muy apreciado especialmente por su aroma y sabor característicos. **La planta.** El babaco es un arbusto semi-leñoso, miembro de la familia Caricaceae. Este híbrido natural se cultiva entre los (1500 y 2500) m de altura en Ecuador. Su rendimiento de producción se encuentra entre (60 y 80) frutas/planta/año. **La fruta.** La fruta del babaco es una baya sin semilla, de color amarillo cuando está madura. Su aroma característico se asemeja a una mezcla de piña, limón y papaya. La fruta verde exuda un látex que tiene características proteolíticas parecidas a las del látex de papaya. **Transformación.** La fruta es consumida preferiblemente fresca. La fabricación de jugos concentrados, conservas, pulpa congelada y fruta deshidratada son otra alternativa para su consumo. La extracción y separación de las enzimas proteolíticas del látex extraído de las frutas verdes podría ser una nueva aplicación industrial par el babaco. **Tendencias económicas.** Gracias a sus altos rendimientos de producción esta fruta a despertado un alto interés comercial. El Ecuador y la Nueva Zelanda son los únicos dos países donde su cultivo se desarrolla a gran escala. **Conclusión.** El babaco presenta muy interesantes perspectivas económicas para el futuro, gracias a sus propiedades organolépticas y como potencial fuente de enzimas proteolíticas.

Ecuador / *Carica pentagona* / manejo del cultivo / características agronómicas / rendimiento / usos / proteasas