HAL
open science

Composition minérale et glucidique du fruit de christophine ou chayote, Sechium edule Sw., au cours du grossissement du fruit

C. Zinsou, O. Sobesky, Maurice Clairon

▶ **To cite this version:**

C. Zinsou, O. Sobesky, Maurice Clairon. Composition minérale et glucidique du fruit de christophine ou chayote, Sechium edule Sw., au cours du grossissement du fruit. Agronomie, 1983, 3 (6), pp.529-536. hal-02728177

HAL Id: hal-02728177

https://hal.inrae.fr/hal-02728177v1

Submitted on 2 Jun 2020

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.

Agronomie, 1983, **3** (6), 529-536.

Composition minérale et glucidique du fruit de christophine ou chayote, *Sechium edule* Sw., au cours du grossissement du fruit*

Claude ZINSOU, Odette SOBESKY* & Maurice CLAIRON*

avec la collaboration technique de Camille CONSTANT

I.N.R.A. - Laboratoire de Physiologie et Biochimie végétales
** Station d'Agronomie, Centre de Recherches agronomiques des Antilles et de la Guyane, 97170 Petit-Bourg*

RÉSUMÉ

La composition minérale et glucidique a été étudiée au cours du grossissement du fruit de christophine, *Sechium edule* Sw. L'ovaire est riche en azote et en potassium. D'une façon générale, les teneurs en éléments minéraux, N, P, K, Ca et Mg, baissent progressivement jusqu'à la récolte du fruit (30 jours après l'anthèse) sauf celle du phosphore qui ne varie pratiquement plus dès le 10e jour. L'étude des glucides a porté sur les sucres solubles neutres, l'amidon, les hémicelluloses et la lignocellulose. Les sucres solubles sont constitués essentiellement de fructose, glucose et saccharose. Le fructose et le glucose s'accumulent dans une première phase qui couvre les 15 jours après l'anthèse. Ce sont les formes de stockage temporaire dans le fruit avant leur incorporation dans les polysaccharides. La synthèse de l'amidon, qui atteint 27 p. cent de la matière sèche à la récolte, n'est active que dans la deuxième phase du grossissement du fruit. Les hémicelluloses, dont la teneur évolue peu jusqu'à la récolte, contiennent du galactose, glucose, mannose, xylose et arabinose. La teneur en lignocellulose est constante jusqu'au démarrage de la synthèse active de l'amidon, augmente pendant 5 jours puis se restabilise.
La forte accumulation du fructose et du glucose avant leur incorporation dans les polysaccharides semble être le résultat d'une forte activité β-fructosidasique qui transforme le saccharose.

Mots-clés additionnels : *Azote, Phosphore, Potassium, Calcium, Magnésium, Eléments minéraux, Sucres solubles, Amidon, Hémicelluloses, Lignocellulose.*

SUMMARY

Change in nutrients and carbohydrates during the development of mirliton fruit Sechium edule *Sw.).*

The mineral and carbohydrate changes in the developing fruit of mirliton (*Sechium edule* Sw.) have been investigated. The ovary of the flower was rich in nitrogen and potassium. On a dry matter basis, the contents of N, P, K, Ca and Mg decreased gradually until picking (30 days after anthesis) except for the phosphorus content which did not change after the 10th day following anthesis.
Glucose, fructose and sucrose were the major sugars detected in the carbohydrate fraction solubilized by ethanol/water : 80/20. Fructose and glucose attained a maximum value 15 days after anthesis. Starch content gradually increased with the simultaneous decline in fructose and glucose and reached 27 % of dry matter at picking. Lignocellulose content was constant until the start of active starch synthesis, increased afterwards during 5 days and then stabilized again.
The high accumulation of glucose and fructose and the low level of sucrose during the first stage of the developing fruit might be the result of a high activity of β-fructosidase which hydrolyses sucrose.
The content of hemicellulose (essentially composed of galactose, glucose, mannose, xylose and arabinose) did not vary markedly in the developing fruit.

Additional key-words : *Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Calcium, Magnesium, Mineral nutrients, Soluble carbohydrates, Starch, Hemicelluloses, Lignocellulose.*

(*) Ce travail a été réalisé dans le cadre de l'A.T.P. I.N.R.A.-C.N.R.S. n° 4118. « Bases physiologiques et génétiques de la production végétale ».

I. INTRODUCTION

La chayote ou christophine est une Cucurbitacée des régions tropicales de l'Amérique qui donne des fruits en forme de poire, à une seule graine. Bien que très répandu dans le monde tropical et consommé depuis les Aztèques, le fruit de la christophine est considéré comme un « légume nouveau » qui est utilisé frais ou sous forme congelée, ce qui suppose qu'il garde ses qualités après récolte.

L'intérêt actuellement porté à cette plante tient au fait que sa culture est rentable sur le plan agronomique (100 t de fruits . ha^{-1}. an^{-1}), que les feuilles semblent renfermer des protéines de bonne qualité du point de vue alimentaire (NAGY *et al.*, 1978) et que le fruit contient des fibres intéressantes sur le plan de l'utilisation diététique.

La 1ère analyse rapportée sur le fruit de christophine est celle de DE SORNAY (1921, cité par BOIS, 1927). Sur 4 variétés de christophine étudiées, la composition obtenue en p. 100 de la matière fraîche est la suivante : eau (90,2 à 92), matières grasses (0,08 à 0,22), matières sucrées (3,17 à 3,39), matières non azotées (1,75 à 3,59), matières azotées (0,66 à 1,16).

Les études sur la composition du fruit ont été reprises plus tard par VALENCIANO *et al.* (1961) et par FLICK *et al.* (1977, 1978). Il ressort de l'analyse de VALENCIANO *et al.* (1961) que le fruit contient 93,3 p. 100 d'eau et 6,7 p. 100 de matière sèche. Sur la base de la matière sèche, il y aurait 12,9 p. 100 de protéines, 33,7 p. 100 de glucides totaux, 0,75 p. 100 de lipides et 6,7 p. 100 de cendres. La variété étudiée par FLICK *et al.* (1977, 1978) est plus riche en eau (94,5 p. 100) et en protéines brutes (18 p. 100), mais plus pauvre en cendres (3,6 p. 100). A la lumière des résultats rapportés par DE SORNAY, on s'aperçoit que la composition du fruit peut varier dans une large mesure en fonction de la variété mais aussi en fonction de l'âge du fruit à la récolte.

Grâce aux travaux de FLICK *et al.* (1977, 1978), la composition en acides aminés libres du fruit a été déterminée. Tous les acides aminés sont représentés dans l'amande mais on constate une absence totale de méthionine et une teneur insignifiante en cystéine dans la pulpe qui est consommée. En plus de cette déficience en acides aminés soufrés, les auteurs constatent que la teneur en protéines est trop faible pour considérer le fruit comme une source majeure ou primaire de protéines alimentaires.

L'analyse de la matière sèche par les mêmes auteurs permet d'avoir une composition complète en sels minéraux des cendres. Elles sont constituées essentiellement de potassium (12 000 ppm), de calcium (1 490 ppm), de magnésium (1 540 ppm) et de chlorures (1 490 ppm). On y trouve aussi du sodium, du zinc, du fer, du cuivre, du manganèse, de l'aluminium et du sélénium. La teneur en phosphore n'a pas été rapportée ; cependant MUTHUKRISHNAN & RAMADAS (1974) considèrent la christophine comme un fruit riche en sels minéraux, surtout en phosphore.

BURNETTE & FLICK (1977) et FLICK *et al.* (1978) ont été conduits à étudier les propriétés biochimiques des fruits en vue de déterminer leur aptitude à la conservation. Les activités des phosphatases acides susceptibles de modifier le métabolisme des glucides ont été mesurées. Elles sont élevées dans les tissus de fruit de christophine comparées à celles de l'aubergine, mais ne permettent pas de déceler des changements physiologiques après récolte. En outre, les auteurs ont pratiquement conclu à l'absence des phénoloxydases et de la lipoxygénase dans les fruits.

Au niveau de la composition glucidique du fruit, les informations actuelles sont moins précises. LEON (1968) rapporte que la baie de la christophine est un fruit aqueux riche en amidon. VALENCIANO *et al.* (1961) donnent une teneur en glucides totaux par rapport au fruit frais de 2,26 p. 100 et DE SORNAY (1921, cité par BOIS, 1927) une teneur en matières sucrées de 3,17 à 3,39 p. 100.

L'absence d'informations sur l'identité des glucides et leurs teneurs respectives nous a conduits à entreprendre ce travail. Nous avons suivi l'évolution des sucres au cours du grossissement du fruit.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

A. Matériel

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est la christophine ou chayote : *Sechium edule* Swartz, à chair blanche, sans épines, obtenue par une sélection locale. Les fruits sont prélevés à différents stades de leur grossissement depuis l'anthèse jusqu'à la récolte (30 j après l'anthèse). Les stades sont définis en fonction de l'âge (l'anthèse étant l'âge 0) et du poids de la matière fraîche. Les fruits de même âge peuvent avoir des tailles très différentes et leur vitesse de grossissement est fonction du poids de l'ovaire à l'anthèse. Pour obtenir à chaque stade un échantillon de matière sèche de fruits suffisante pour les analyses, plusieurs récoltes ont été nécessaires. Elles ont été d'autant plus nombreuses que les fruits sont petits. A maturité, il suffit de prélever 10 fruits pour avoir un échantillon représentatif de ce stade.

B. Méthodes

1. *Préparation des échantillons*

Les fruits entiers (pulpe et amande) sont séchés à l'étuve à 80 °C pendant 48 h puis broyés et tamisés de manière à avoir des particules de taille inférieure à 0,4 mm.

2. *Dosage des éléments minéraux*

L'azote est dosé par la méthode de KJELDAHL. Les cations sont dosés, après calcination à 480 °C et reprise des cendres en milieu chlorhydrique, au photomètre d'absorption atomique couplé à l'autoanalyseur TECHNICON. Le phosphore est dosé sous forme de complexe phosphovanado-molybdique à 420 nm.

3. *Extraction des glucides*

La figure 1 résume les différentes étapes de séparation des glucides.

a) Extraction des glucides solubles

La quantité de poudre à analyser, comprise entre 1 et 2 g, est extraite à chaud 2 fois par 50 ml du mélange éthanol/eau : 80/20 et rincée 2 fois à froid suivant la méthode de CERNING-BEROARD (1975). Le culot C_1 de centrifugation est utilisé pour l'extraction et le dosage de l'amidon.

L'extrait est évaporé sous vide, repris par de l'eau dans une fiole de 100 ml à laquelle on ajoute, pour précipiter les protéines, 1 ml de CARREZ I (23,8 g d'acétate de zinc et 3 g d'acide acétique glacial dissous dans 100 ml d'eau) et 1 ml de CARREZ II (10,5 g de ferricyanure de potassium dissous dans 100 ml d'eau). La fiole complétée à 100 ml avec de l'eau est agitée et la solution filtrée. Le filtrat S_1 est utilisé pour le dosage des sucres solubles.

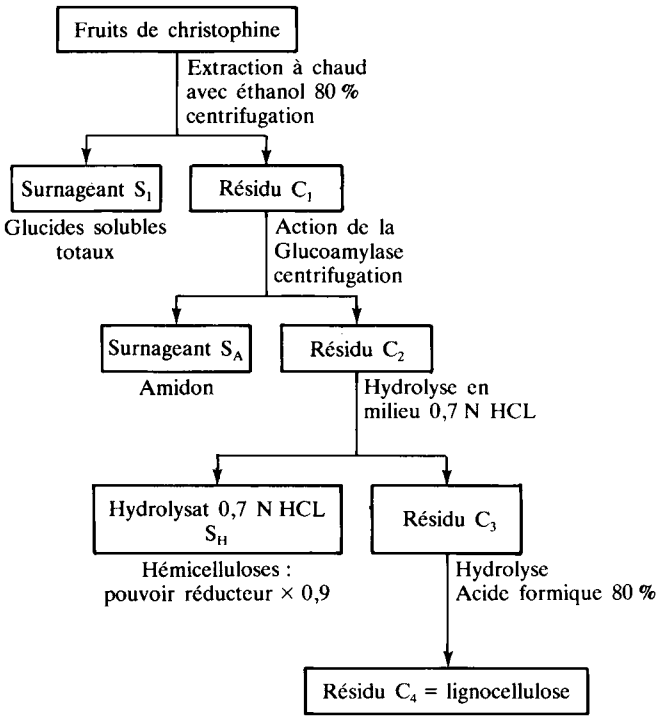

Figure 1
Schéma résumant les étapes des différentes séparations des glucides.
General scheme for fractionation of different carbohydrates.

b) Extraction de l'amidon

L'amidon est extrait à partir du culot de centrifugation C_1 suivant la technique de THIVEND *et al.* (1965). Le culot, après avoir été repris par 20 à 25 ml dans un bécher de 100 ml, subit un 1er empesage en le portant à l'ébullition et en l'y maintenant pendant 3 mn, puis un autoclavage à 120 °C pendant 1 h. La suspension, maintenue à 55 °C, est additionnée de 2,5 ml de solution tampon acétique (120 ml d'acide acétique cristallisable et 164 g d'acétate de sodium anhydre/l), 0,5 ml de solution de merthiolate de sodium (10 g/l) pour éviter le développement des micro-organismes et ajustée enfin à (45 ± 1) ml. La suspension est ensuite placée dans un bain-marie agitateur réglé à 60 °C et additionnée de 5 ml de solution de glucoamylase (E.C. 3.2.1.3) à 30 UI/ml. L'hydrolyse enzymatique s'effectue pendant 2 h. La solution est ensuite centrifugée et le culot lavé 2 fois avec 50 ml d'eau distillée. Les surnageants sont réunis dans une fiole jaugée qui est ajustée à 250 ml. La solution S_A sera utilisée pour le dosage d'amidon et le culot pour l'extraction des hémicelluloses.

c) Extraction des hémicelluloses

L'extraction des hémicelluloses est effectuée suivant la technique utilisée par le laboratoire de Biochimie des glucides de Nantes. Le culot C_2 est repris par 50 ml d'acide chlorhydrique 0,7 N dans un ballon de 100 ml à col rodé muni d'un réfrigérant à reflux. L'extraction a lieu au bain-marie bouillant pendant 5 h. On centrifuge à 3 000 tours/mn et le culot est rincé à l'eau distillée. Le surnageant, une fois neutralisé avec la soude 2 N, est repris et complété à 250 ml dans une fiole jaugée. Sur cet extrait S_H on mesure la teneur en équivalent glucose.

d) Extraction de la lignocellulose

L'extraction et l'estimation de la fraction lignocellulosique sont effectuées suivant la méthode de GUILLEMET & JACQUOT (1943). Le résidu d'extraction des hémicelluloses est repris dans un ballon à col rodé par de l'acide formique 80 p. 100, muni d'un système à reflux et chauffé dans un bain bouillant pendant 5 h. Le résidu final, après lavage à l'eau chaude et à l'éther éthylique, est séché à 130 °C puis pesé. Son poids correspond à la fraction lignocellulosique.

4. *Dosage des différents glucides*

a) Sucres totaux et sucres réducteurs

Les sucres solubles totaux sont dosés par la méthode colorimétrique à l'anthrone de LOEWUS (1952) et les sucres réducteurs par celle de NELSON (1944) modifiée par SOMOGYI (1952).

b) Dosage enzymatique du glucose, fructose, saccharose et amidon

Le dosage du glucose, fructose, du saccharose après hydrolyse et de l'amidon hydrolysé enzymatiquement en glucose, a été effectué suivant les méthodes de dosage enzymatique BOEHRINGER (BERGMEYER, 1979). Le NADPH formé, résultant par réaction couplée de la transformation du glucose en gluconate-6-phosphate, est dosé à 340 nm.

c) Dosage et identification des sucres neutres des hémicelluloses

Les sucres neutres des hémicelluloses sont séparés sur colonne de résines échangeuses d'anions, Chromobeads type S de Technicon, en milieu boraté suivant la technique de KESLER (1967). Les glucides sont dosés à la sortie de la colonne en milieu sulfurique à l'orcinol à l'aide d'un autoanalyseur Technicon (TOLLIER & ROBIN, 1979).

III. RÉSULTATS

A. Evolution de la matière sèche du fruit

Le fruit de la christophine est riche en eau. La teneur de la matière sèche est de l'ordre de 6,5 p. 100 dans les premiers jours qui suivent la nouaison. Elle décroît ensuite régulièrement jusqu'au 20e j (tabl. 1). Une accumulation importante de la matière sèche ne se produit que pendant les 10 j qui précèdent la récolte. La teneur s'élève alors jusqu'à 9,4 p. 100. Le fruit est cueilli habituellement 30 j après l'anthèse, quelle que soit sa taille. Tout fruit, même très gros, cueilli plus tôt, est souvent rejeté par le consommateur. Nous verrons, à la lumière de sa composition glucidique, que sa matière sèche est alors constituée, pour une grande part, de sucres solubles qui disparaissent dans l'eau de cuisson.

B. Composition minérale du fruit de christophine

L'analyse minérale a porté sur les éléments principaux. Le tableau 1 donne la composition avec les teneurs exprimées en p. 100 de la matière sèche. L'ovaire, à l'anthèse, constitue une réserve importante en éléments minéraux pour le développement du futur fruit.

1) L'azote s'y retrouve avec une teneur de 7,44 p. 100, ce qui représente une teneur en protéines brutes de près de 46,5 p. 100. Elle baisse au cours du grossissement du fruit. A la récolte du fruit, elle n'est plus que de 1,84 p. 100. A ce stade, les teneurs en azote dans la pulpe et dans l'amande sont respectivement de 1,56 et 3,46 p. 100.

TABLEAU 1

Composition minérale du fruit de christophine au cours du grossissement. La teneur de la matière sèche est exprimée en p. 100 de matière fraîche ; celle des éléments en p. 100 de la matière sèche (moyenne de 3 déterminations).

Mineral composition during the development of mirliton fruit. Dry matter content is expressed on a fresh weight basis and nutrient content on a dry matter basis. The values are means of 3 determinations on each sample.

Age (jours)	Poids de Matière fraîche (g)	MS en % de MF (g)	N	Protéines brutes N × 6,25	P %	K %	Ca %	Mg %
0	—	—	7,44	46,5	1,16	5,12	0,89	0,36
7	5-10	6,5	4,83	30,2	0,65	4,16	0,49	0,26
8	10-20	6,6	4,23	26,4	0,62	3,71	0,48	0,24
10	20-50	5,7	3,43	21,4	0,45	3,34	0,37	0,19
12	50-100	5,6	3,07	19,2	0,41	3,14	0,35	0,16
14	100-150	5,8	2,66	16,6	0,38	2,90	0,36	0,16
16	150-200	5,4	2,24	14,0	0,42	2,69	0,42	0,17
18	200-250	4,6	3,37	21,0	0,42	3,29	0,41	0,18
20	250-300	4,6	2,67	16,7	0,41	3,09	0,45	0,19
22	300-350	4,8	2,72	17,0	0,41	3,14	0,36	0,19
30	> 400	9,4	1,84	11	0,41	2,49	0,30	0,16

2) Le phosphore se retrouve aussi avec une teneur élevée dans les ovaires. Sa teneur baisse jusqu'au 10e j après l'anthèse. Ensuite, elle est constante au cours du grossissement et se situe autour de 0,41 p. 100. A la récolte, 30 j après l'anthèse, on trouve que le phosphore est également réparti dans la pulpe et dans l'amande.

3) Le potassium constitue l'élément le plus important du fruit de christophine. Dans l'ovaire sa teneur est de 5,1 p. 100. Elle a baissé de moitié à la récolte et se situe à 2,5 p. 100. Comme le phosphore, à ce stade, le potassium est retrouvé avec la même teneur dans la pulpe et dans l'amande.

4) Le calcium et le magnésium ont exactement le même comportement dans le fruit au cours du grossissement. Elevées dans les ovaires, les teneurs baissent très vite après la nouaison. A la récolte, les teneurs en calcium dans la pulpe et dans l'amande sont respectivement 0,30 et 0,16 p. 100.

C. Les sucres solubles dans l'éthanol 80 p. 100 au cours du grossissement du fruit

L'évolution quantitative des sucres solubles totaux et des sucres réducteurs, dont les teneurs sont exprimées en p. 100 de la matière sèche, peut être suivie dans le tableau 2.

On peut constater que la différence entre les sucres solubles totaux et les sucres réducteurs, qui constitue les sucres non réducteurs, ne représente pas toujours le saccharose.

A l'anthèse, les ovaires des fleurs contiennent très peu de sucres solubles qui ne représentent que 2,5 p. 100 de la matière sèche. On peut voir aussi qu'ils sont constitués essentiellement de sucres réducteurs.

Après la nouaison, on assiste à l'accroissement brusque de ces sucres solubles totaux dont la teneur est de 16,3 p. 100 après 5 j et atteint 48 p. 100 de la MS après 16 j. Sachant que la récolte se fait habituellement 30 j après la fécondation, c'est donc à mi-chemin entre l'anthèse et la récolte que la teneur en ces sucres atteint la valeur maximale. Elle décroît ensuite progressivement jusqu'à 25 p. 100 à la récolte.

Les sucres solubles dans l'éthanol 80 p. 100 sont constitués essentiellement de 3 oses :

1) Le fructose est le sucre le plus important quantitativement depuis l'anthèse jusqu'à la récolte. Il semble être la forme préférentielle de stockage des sucres jusqu'au 15e j. Sa teneur est alors 24,4 p. 100 de la matière sèche soit environ 50 p. 100 des sucres solubles totaux. A partir du 15e j, le fructose du fruit diminue jusqu'à la récolte.

2) Le glucose vient immédiatement après le fructose. Alors que le rapport est approximativement de 5 molécules de fructose pour 1 molécule de glucose dans l'ovaire à l'anthèse, il n'est plus que de 1,5 à mi-grossissement pour tomber à 1,0 le 30e j. Pendant la phase d'accumulation des sucres simples (jusqu'au 15e j), la vitesse d'accumulation du glucose est supérieure à celle du fructose. Pendant la phase d'utilisation de ces sucres par le fruit, les 2 hexoses disparaissent pratiquement à la même vitesse entre le 15e et le 22e j, puis c'est le fructose qui est utilisé préférentiellement dans la phase finale précédant la récolte.

TABLEAU 2

Evolution quantitative des sucres solubles dans l'éthanol 80 p. 100 au cours du grossissement du fruit de christophine. Les valeurs, moyennes de 3 déterminations, sont exprimées en p. 100 de la matière sèche.

Quantitative changes of ethanol (80 %) soluble carbohydrates in the developing fruit of mirliton. Mean values of 3 determinations expressed on a dry matter basis.

Age (jours)	Poids de matière fraîche (g)	Sucres solubles totaux %	Sucres réducteurs %	Sucres non réducteurs %	Glucose %	Fructose %	Saccharose %	Fructose / Glucose
Anthèse = 0	—	2,47	2,43	0,04	0,20	0,94	0,51	4,7
5	2-5	16,3	14,5	1,8	2,2	9,8	1,5	4,5
7	5-10	24,6	22,4	2,2	5,2	14,1	1,2	2,7
8	10-20	31,1	28,4	2,7	7,5	17,1	1,6	2,3
10	20-50	36,1	35,3	0,8	10,3	20,9	1,4	2,0
12	50-100	39,8	37,2	2,6	11,7	21,5	1,5	1,8
14	100-150	45,4	41,2	4,2	15,0	24,4	1,4	1,6
16	150-200	48,2	42,0	6,2	16,1	22,8	1,7	1,4
18	200-250	31,5	29,3	2,2	9,4	16,1	1,3	1,7
20	250-300	35,4	30,2	5,2	11,9	16,3	1,2	1,4
22	300-350	24,1	24,0	0,1	8,7	12,4	1,2	1,4
30	> 400	25,2	—	—	7,9	6,8	3,0	0,66

3) Le saccharose représente 0,5 p. 100 de la matière sèche de l'ovaire à l'anthèse. Une brusque augmentation de sa teneur s'observe entre l'anthèse et le 5e j. Ensuite, elle ne montre pas une variation notable jusqu'au 22e j. Dans la 2e phase précédant la récolte, la proportion du saccharose atteint 3 p. 100 dans la matière sèche.

On en déduit que :

— la vitesse de mise en réserve de saccharose est proportionnelle à celle de l'accumulation de la matière sèche jusqu'au 22e j ;

— le saccharose n'est pas une forme d'accumulation mobilisable ultérieurement dans la synthèse des polysaccharides du fruit.

D. Evolution de l'amidon

L'étude de l'amidon au cours du grossissement du fruit révèle les faits suivants (tabl. 3) :

1) L'amidon se trouve pratiquement au même niveau de concentration dans la matière sèche que le saccharose pendant la 1re moitié de la période du grossissement du fruit (de l'anthèse au 15e j après l'anthèse). La teneur en amidon étant constante, on en déduit que sa synthèse se fait à la même vitesse que l'accumulation de la matière sèche.

2) Une synthèse plus active ne s'installe qu'à partir du 15e j. La teneur augmente alors vite pour atteindre 27 p. 100 dans le cas de notre étude au moment de la récolte.

3) Le démarrage de l'accumulation de l'amidon a lieu dès que les teneurs en glucose et fructose atteignent leur maximum de concentration dans la matière sèche.

4) Enfin, l'accumulation de l'amidon se fait aux dépens simultanément du glucose et du fructose (fig. 2).

Compte tenu de la teneur finale en amidon, le fruit de la christophine est un fruit pauvre en amidon, environ 2,5 p. 100 du fruit frais.

E. Evolution des hémicelluloses

La fraction hémicellulosique montre une teneur constante qui se situe autour de 5 p. 100 tout au long du grossissement du fruit. L'analyse des constituants des hémicelluloses a fourni les résultats du tableau 4. Ils révèlent la présence de 2 pentoses : xylose et arabinose et celle de 3 hexoses : mannose, galactose et glucose.

1) Le galactose est l'ose le plus important. Sa teneur se stabilise dans la matière sèche autour de 2 p. 100 après la nouaison jusqu'au 22e j. A la récolte, elle a légèrement baissé et n'est plus que de 1,34 p. 100.

2) Le glucose de la fraction hémicellulosique a une teneur stable dans la matière sèche jusqu'au 15e j. L'enrichissement en glucose dans les hémicelluloses démarre en même temps que l'accumulation de l'amidon et la disparition du glucose et du fructose dans la fraction des sucres solubles dans l'éthanol 80 p. 100.

TABLEAU 3

Evolution quantitative des polysaccharides au cours du grossissement du fruit de christophine. Les teneurs moyennes de 3 déterminations sont exprimées en p. 100 de la matière sèche.

Quantitative changes of polysaccharides in the developing fruit of mirliton. The mean values of 3 determinations are expressed on a dry matter basis.

Age	Poids de Matière (g) fraîche	Amidon %	Hémicelluloses %	Lignocellulose %
0	—	1,9	5,2	7,6
5	2-5	1,4	5,0	9,8
7	5-10	1,7	5,1	9,4
8	10-20	1,8	4,5	8,8
10	20-50	1,6	4,9	10,0
12	50-100	1,9	4,5	9,4
14	100-150	2,6	4,4	9,1
16	150-200	6,5	4,5	8,3
18	200-250	9,5	5,2	10,7
20	250-300	11,8	5,6	12,1
22	300-350	18,3	5,6	12,4
30	< 400	27	4,7	12,1

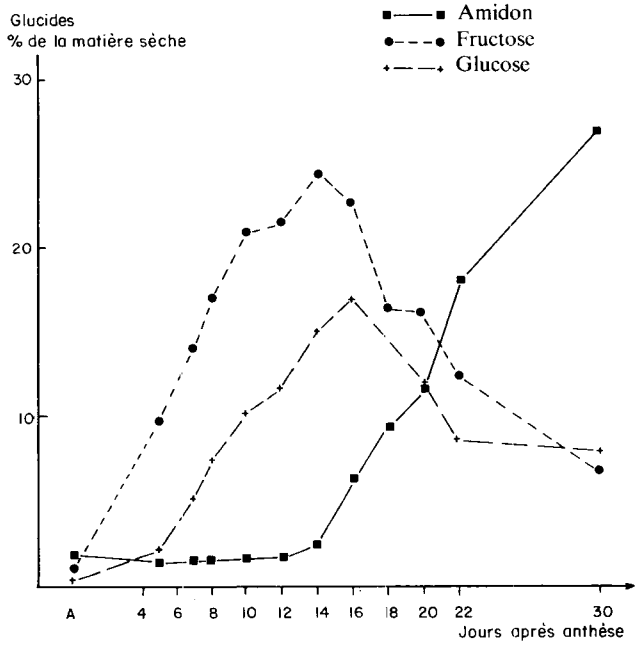

Figure 2

Evolution comparée du glucose, fructose et amidon au cours du grossissement du fruit de christophine.

Comparative changes in glucose, fructose and starch content in the developing fruit of mirliton.

3) Le mannose a la teneur la plus faible de tous les hexoses dans les hémicelluloses des ovaires. Cette teneur s'élève rapidement dans les 7 premiers jours puisqu'elle atteint 0,65 p. 100 au lieu de 0,04 p. 100 rencontré dans l'ovaire à l'anthèse. Ensuite, cet ose a pratiquement le même comportement que le galactose.

En ce qui concerne les pentoses, l'arabinose est celui qui est abondant pratiquement tout au long de la croissance du fruit. La teneur la plus élevée est observée dans l'ovaire ; elle baisse ensuite jusqu'au 15e j. puis remonte et se stabilise jusqu'au 22e j. ; à la récolte, ce sucre représente 0,46 p. 100 de la matière sèche. Le xylose se comporte de la même façon que l'arabinose. Le rapport molaire des 2 pentoses qui est de 4,2 dans l'ovaire, diminue de moitié pendant les premiers jours qui suivent la fécondation, se stabilise entre 2 et 2,5 p. 100 jusqu'au 18e j. puis baisse jusqu'à 1,18 à la récolte du fruit.

Le rapport molaire des hexoses et des pentoses ne semble pas se modifier de façon très significative au cours du grossissement du fruit.

F. Evolution de la lignocellulose

La lignocellulose représente la fraction insoluble dans l'acide formique 80 p. 100 à chaud. Contrairement aux hémicelluloses dont la teneur varie peu dans le fruit, la lignocellulose a un comportement semblable à celui de l'amidon (tabl. 3). Sa teneur est pratiquement constante

TABLEAU 4

Composition des sucres neutres des hémicelluloses au cours du grossissement du fruit. Les valeurs sont exprimées en p. 100 de la matière sèche. Les oses sont exprimés sous leur forme polymérique en utilisant le facteur de correction 0,90 pour les hexoses et 0,88 pour les pentoses. Arabinose/xylose et hexoses/pentoses sont des rapports molaires.

Composition of hemicellulose neutral sugars in the developing fruit. Mean values are expressed on a dry matter basis. The oses are expressed in the polymeric form using the correcting factor of 0.90 for hexoses and 0.88 for pentoses. Arabinose/xylose and hexoses/pentoses are molar ratios.

Age	Poids	Arabinose %	Xylose %	Mannose %	Galactose %	Glucose %	Hémi-celluloses %	Ara / Xyl	Hexoses / Pentoses
0	—	0,92	0,22	0,04	1,47	0,22	5,2	4,18	1,26
7	5-10	0,86	0,42	0,65	2,30	0,25	5,1	2,05	2,08
8	10-20	0,67	0,27	0,37	1,88	0,19	4,5	2,50	2,16
10	20-50	0,52	0,24	0,47	1,93	0,22	4,9	2,16	2,87
12	50-100	0,68	0,29	0,39	2,40	0,19	4,5	2,34	2,56
14	100-150	0,56	0,18	0,25	1,80	0,18	4,4	3,11	2,51
16	150-200	0,61	0,24	0,40	2,13	0,27	4,5	2,54	2,74
18	200-250	0,82	0,43	0,34	2,20	0,42	5,2	1,91	1,87
20	250-300	0,71	0,40	0,34	2,00	0,57	5,6	1,77	2,18
22	300-350	0,79	0,44	0,27	2,32	0,84	5,6	1,79	2,32
30	> 400	0,46	0,39	0,14	1,34	1,06	4,6	1,18	2,49

jusqu'au 15e j. après l'anthèse. On assiste à une rapide synthèse pendant 5 j. puis la teneur se stabilise à 12 p. 100 jusqu'à la récolte.

IV. DISCUSSION ET CONCLUSION

Le tableau 5 récapitule les données d'analyse concernant l'évolution des différents constituants du fruit au cours de son grossissement. Pendant les 5 premiers jours qui suivent l'anthèse, les protéines brutes représentent la majeure partie de la matière sèche. Ensuite ce sont les glucides totaux qui composent essentiellement cette matière jusqu'à la récolte. Les études sont en cours pour déterminer les acides uroniques des substances pectiques et des mucilages qui semblent être en quantité non négligeable dans le fruit (LEON, 1968).

La composition minérale comparée à celle rapportée par FLICK *et al.* (1977) montre des différences au niveau des teneurs en azote, potassium et calcium. Le fruit de la variété étudiée en Guadeloupe est plus pauvre en azote mais plus riche en potassium et en calcium. Ces différences peuvent être attribuées à la fertilisation minérale ou au comportement variétal. Cependant, la forte teneur en azote semble liée à une faible teneur en matière sèche du fruit : 5,5 p. 100 de matière sèche rapportée par FLICK *et al.* (1977) alors qu'une teneur de 8 à 10 p. 100 est habituellement indiquée (DE SORNAY, 1921, cité par BOIS, 1927 ; VALENCIANO *et al.*, 1961). Lorsqu'on étudie la variation des constituants du fruit au cours de son grossissement, on s'aperçoit que la faible teneur en matière sèche et une plus forte teneur en azote peuvent résulter d'une cueillette précoce.

Le fruit de christophine est riche en potassium mais aussi équilibré en ions minéraux (FLICK *et al.*, 1977), ce qui pourrait expliquer les propriétés hypotensives liées aux vertus diurétiques du fruit.

Le fructose, le glucose et le saccharose sont les oses solubles principaux du fruit. Ce sont les oses habituels qu'on rencontre dans les organes, grains ou tubercules qui accumulent de l'amidon à maturité. Nous avons vu que le fructose et le glucose s'accroissent dans une 1re phase qui dure jusqu'au 15e j. après l'anthèse et qu'ensuite ils décroissent jusqu'à la récolte. Ce comportement est habituellement celui du saccharose dans les grains de blé en cours de maturation (ABOUGUENDIA & D'APPOLONIA, 1972). Chez la christophine, l'accroissement du saccharose s'arrête rapidement le 5e j. après l'anthèse. Il ne reprend que pendant la dernière semaine avant la récolte. On peut supposer que la petite remontée de la teneur du saccharose, due au transport du sucre des tiges vers le fruit, induit une forte activité β-fructosidasique qui transforme le saccharose en glucose et fructose qui sont les formes de stockage temporaire avant leur incorporation dans les polysaccharides.

La synthèse de l'amidon dans la 1re phase de grossissement se fait à la même vitesse que l'accroissement de la matière sèche puisque sa teneur est pratiquement constante.

TABLEAU 5

Tableau récapitulatif des différents constituants du fruit de christophine (% de la matière sèche).
Summary of different components of mirliton fruit (% dry weight basis).

Age (jours)	Poids de matière fraîche (g)	Protéines brutes N × 6,25	Eléments minéraux	Sucres solubles	Polysaccharides	Glucides totaux
0 (Ant)	—	46,5	7,5	2,5	14,7	17,2
5	2-5	36,8	—	16,3	16,2	32,5
7	5-10	30,2	5,6	24,6	16,2	40,8
8	10-20	26,4	5,1	31,1	15,2	46,3
10	20-50	21,4	4,3	36,1	15,3	51,4
12	50-100	19,2	4,1	39,8	15,8	55,6
14	100-150	16,6	3,8	45,4	16,1	61,6
16	150-200	14,0	3,6	48,2	19,3	67,5
18	200-250	21,0	4,3	31,5	25,4	56,9
20	250-300	16,7	4,1	35,4	29,5	64,9
22	300-350	17,0	4,1	24,1	26,3	60,4
30	> 400	11	3,4	25,2	43,8	69

C'est au cours de la 2e phase que se fait l'activation de cette synthèse qui semble être contrôlée par la teneur atteinte par le fructose ou le glucose. Les études sont maintenant entreprises sur l'évolution de l'activité des 2 types d'enzymes impliquées au cours de l'accumulation des glucides, à savoir, d'une part, la β-fructosidase et, d'autre part, les pyrophosphorylases et l'amidon synthétase.

Reçu le 27 octobre 1982.
Accepté le 9 février 1983.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abou-Guendia M., D'Appolonia B. L., 1972. Changes in carbohydrate components during wheat maturation. I. Changes in free sugars. *Cereal Chem.*, **49**, 664-676.

Bergmeyer H. U., 1979. *Principes de l'analyse enzymatique.* Technique et documentation, Paris, 303 p.

Bois D., 1927. *Les plantes alimentaires chez tous les peuples et à travers les âges.* 1. *Phanérogrammes légumières*, p. 220-224. Paul Lechevalier éditeur, Paris.

Burnette F. S., Flick G. J. Jr., 1977. Acid phosphatase activities of the stem, flesh and seed in *Sechium edule* Sw., the chayote. *J. Food Prot.*, **40**, 373-374.

Cerning-Beroard J., 1975. The use of invertase for determination of sucrose. Application to cereals, cereal products and other plant materials. *Cereal Chem.*, **52**, 431-438.

Flick G. J. Jr., Aung L. H., Ory R. L., St-Angelo A. J., 1977. Nutrient composition and selected enzyme activities in *Sechium edule* Sw., the mirliton. *J. Food Sci.*, **42**, 11-13.

Flick G. J. Jr, Burnette F. S., Aung L. H., Ory R., St-Angelo A. J., 1978. Chemical composition and biochemical properties of mirlitons *(Sechium edule)* and purple, green and white eggplants *(Solanum melongena) J. Agric. Food Chem.*, **26**, 1000-1005.

Guillemet R., Jacquot R., 1943. Essai de détermination de l'indigestible glucidique. *C.R. Acad. Sci. Paris*, **216**, 508-510.

Kesler R. B., 1967. Rapid quantitative anion-exchange chromatography of carbohydrates. *Anal. Chem.*, **39**, 1416-1422.

Léon J., 1968. Chayote *(Sechium edule).* In *fundamentos botanicos de los cultivos tropicales.* p. 440-441. Instituto Inter-Americano de Ciencias Agricolas de la D.E.A., San Jose, Costa-Rica.

Loewus F. A., 1952. Improvement in anthrone method for the determination of carbohydrate. *Anal. Chem.*, **24**, 219.

Muthukrishnan C. R., Ramadas S., 1974. Perennial vegetables for your kitchen gardens. *Ind. Hortic.*, **19**, 11-12.

Nagy S., Télé K., Hall N. T., Berry R. E., 1978. Potential food uses for protein from tropical and subtropical plant leaves. *J. Agric. Food Chem.*, **26**, 1016-1028.

Nelson N., 1944. A photometric adaptation of SOMOGYI method for the determination of glucose. *J. Biol. Chem.*, **153**, 375-380.

Somogyi M., 1952. Notes on sugar determination. *J. Biol. Chem.*, **195**, 19-23.

Thivend P., Mercier C., Guilbot A., 1965. Dosage de l'amidon dans les milieux complexes. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **5**, 513-526.

Tollier M. T., Robin J. P., 1979. Adaptation de la méthode à l'orcinol sulfurique au dosage automatique des glucides neutres totaux : Conditions d'application aux extraits d'origine végétale. *Ann. Technol. agric.*, **28**, 1-15.

Valenciano O. A., Escalante M. G., Ibarca A., 1961. Estudio bromatologico del fruto de *Sechium edule* Sw. *Anal. Bromatol.* **13**, 51-57.