IDRC-195f

LE SÉCHAGE DES PRODUITS ALIMENTAIRES

Compte rendu du colloque tenu à Edmonton, Alberta
du 6 au 9 juillet 1981

Le Centre de recherches pour le développement international, société publique créée en 1970 par une loi du Parlement canadien, a pour mission d'appuyer des recherches visant à adapter la science et la technologie aux besoins des pays en voie de développement ; il concentre son activité dans cinq secteurs : agriculture, alimentation et nutrition ; information ; santé ; sciences sociales ; et communications. Le CRDI est financé entièrement par le Parlement canadien, mais c'est un Conseil des gouverneurs international qui en détermine l'orientation et les politiques. Établi à Ottawa (Canada), il a des bureaux régionaux en Afrique, en Asie, en Amérique latine et au Proche-Orient.

© Centre de recherches pour le développement international 1983
Adresse postale : B.P. 8500, Ottawa (Canada) K1G 3H9
Siège : 60, rue Queen, Ottawa

Yaciuk, G.

CRDI, Ottawa CA
Alberta. Dept. of Agriculture CA

IDRC-195f

Le séchage des produits alimentaires : compte rendu du colloque tenu à Edmonton, Alberta du 6 au 9 juillet 1981. Ottawa, Ont., CRDI, 1983. 110 p. : ill.

/Séchage/, /aliments séchés/, /aliments déshydratés/, /valeur nutritive/ — /fruits séchés/, /conservation du poisson/, /céréales/, /café/, /légumes/, /commercialisation/, /demande de consommation/, /énergie solaire/, /déshydratation/, /aspects techniques/, /liste des participants/.

CDU: 664.8.047 ISBN: 0-88936-377-3

Édition microfiche sur demande

This publication is also available in English.

IDRC-195f

Le séchage des produits alimentaires

Compte rendu du colloque tenu à Edmonton, Alberta du 6 au 9 juillet 1981

Rédacteur : Gordon Yaciuk

Sous le patronage du
Centre de recherches pour le développement international,
Ottawa (Canada)

avec la collaboration du
Ministère de l'Agriculture de l'Alberta,
Edmonton (Canada)

Résumé/Abstract/Resumen

Les auteurs de ce volume sont des chercheurs et des techniciens venus de pays très différents les uns des autres du point de vue climat, géographie et conditions socio-économiques. Les disciplines représentées étaient aussi très diverses : économie domestique, alimentation, nutrition, physique, génie mécanique.

Le colloque a examiné les questions les plus importantes en ce qui concerne la conception et l'utilisation d'une installation de séchage : besoins en matière de séchage, l'accueil du consommateur, transmission de la chaleur et évacuation de l'humidité, sources de chaleur. Le chapitre sur les besoins en matière de séchage traite de la nécessité et de la durée de cette opération, de la préparation des échantillons, de l'action du séchage sur la qualité du produit, des problèmes de réhydratation et des problèmes de stockage du produit sec. Le chapitre sur l'accueil du consommateur traite des effets du séchage sur la valeur nutritive du produit, de la commercialisation d'un produit sec et de l'aide que peuvent apporter les consommateurs à l'amélioration d'un procédé ou d'un produit. Le chapitre sur la transmission de la chaleur et l'évacuation de l'humidité traite de la théorie et de la conception d'un séchoir, des modes de réglage et décrit une installation en service. Enfin, le chapitre sur les sources de chaleur donne des exemples de l'utilisation du soleil, des produits pétroliers, des déchets agricoles et du bois. Un exposé des conclusions dégagées par le colloque et de ses recommandations est présenté à la fin de l'ouvrage.

The authors of this volume include researchers and scientists from many countries that encompass diverse climatic, geographic, and socioeconomic conditions. Their disciplines were also numerous: home economics, food science, nutrition, physics, and engineering.

The workshop covered the most important areas in the design and operation of a drying system. These are: drying requirements, consumer acceptance, heat and mass transfer, and heat sources. Within drying requirements, the need for drying the product is discussed as well as drying times and rates, sample preparation, quality changes during drying, rehydration problems, and problems with storage of the dried product. The section on consumer acceptance includes the effects of drying on the nutritive value of food, the introduction of a dried food to the consumer market, and how consumers provide valuable information to scientists to help in improving a process or product. The theory and design of a drying chamber and process control are explained under heat and mass transfer and an operational, full-scale drying system is examined. Finally, under heat sources, a number of examples are given in the use of the sun, petroleum products, agriculture wastes, and wood as heat sources for a drying process. A final concluding commentary is made on the overall recommendations derived from the workshop and proposals for future work are given.

Los autores de este volumen comprenden investigadores y científicos de varios países que, en conjunto, abarcan diversas condiciones climáticas, geográficas y socio-económicas. Sus disciplinas respectivas también son numerosas: economía del hogar, ciencias de alimentación, nutrición, física e ingeniería.

El cursillo abarcó los aspectos más importantes en el diseño y operación de un sistema de deshidratación. Estos son: requisitos de la deshidratación, aceptación por el consumidor, trasferencia de calor y masa y fuentes de calor. Entre los requisitos se examina la necesidad de deshidratar el producto así como los tiempos e índices del proceso, preparación de muestras, cambios en calidad durante le deshidratación, problemas que presenta la rehidratación y problemas resultantes del almacenamiento del producto deshidratado. La sección de aceptatión por el consumidor comprende los efectos de la deshidratación sobre el valor nutritivo del alimento, la introducción de un alimento deshidratado en el mercado del consumidor, y como éstos a su vez proveen información valiosa a los científicos ayudándoles a mejorar un proceso o producto. Se explican la teoría y diseño de la cámara de deshidratación y el proceso de controlbajo trasferencia de calor y masa, examinándose un sistema operativo de deshidratación a escala comercial. Finalmente, y bajo el concepto de fuentes de calor, se citan varios ejemplos relacionados con el uso del sol, de productos petrolíferos, y desechos agrícolas, asi como el de la madera como fuentes de calor para procesos de deshidratación. Se efectua un comentario final sobre recomendaciones generales derivadas del cursillo al tiempo que se efectúan propuestas para el trabajo futuro.

Table des matières

Avant-propos 5

Participants 6

Introduction

Thème et objectifs du colloque **G. Yaciuk** 9

Besoins en matière de séchage

Le séchage du poisson en Inde **P.V. Prabhu et K.K. Balachandran** 11

Le séchage des légumes en Égypte **H.M. Ali et I.A. Sakr** 15

Le séchage des pommes de terre (*papa seca*) au Pérou **C. Lescano** 21

Le séchage du paddy en Indonésie **Suahyadi** 27

Accueil du consommateur

Les effets du séchage sur la valeur nutritive des produits alimentaires au Kenya **M.I. Gomez** 31

L'introduction du niébé dans l'alimentation du nord-est de la Thaïlande **T. Ngarmsak, M.D. Earle et A.M. Anderson** 36

Adoption de la banane déshydratée comme aliment de sevrage à Costa Rica **Celsa Lastreto G., Rodney Cooke et Armando Campos S.** 40

Commercialisation du poisson séché dans l'est de Java (Indonésie) **J.A. Sumardi, H. Purnomo, W.H. Susanto, Putiati, Darius et I. Suryo** 47

Transmission de la chaleur et extraction de l'humidité

Le séchage des grains de céréales aux Philippines **S.C. Andales** ... 53

Le séchage des oignons au Niger **A. Ba, Ch. Banzet et J.M. Degbe** 63

Le séchage du poisson aux Philippines **Ernesto V. Carpio** 65

Le séchage des raisins dans le nord du Chili **J.M. Olhagaray** 74

Sources de chaleur

L'énergie solaire comme source de chaleur pour le séchage des récoltes en Sierra Leone **Michael W. Bassey** 77

Le séchage solaire et à l'air libre du paddy en Corée **Hak Kyun Koh et Chang Joo Chung** 86

Un séchoir à grains pour la ferme en Thaïlande **Sriwai Singhagajen** 94

Appréciation de la valeur économique de diverses sources d'énergie pour le séchage du café **R. Garcia, C. Porres, J.F. Calzada, J.F. Menchu et C. Rolz** 99

Séchoirs pour les coopératives de production alimentaire en Indonésie **Sjachputra** 105

Conclusions

Commentaires **G. Yaciuk** 109

Avant-propos

Aussi loin que l'on remonte dans l'histoire, les humains ont eu recours aux radiations solaires pour sécher les céréales, les légumes et les fruits, ainsi que le poisson et la viande dont ils se nourrissaient. Dans plusieurs pays, on utilise encore largement les rayons du soleil comme source directe d'énergie pour sécher et déshydrater les produits alimentaires. Le coût des combustibles fossiles s'avérant élevé, le séchage solaire direct ou indirect prendra de plus en plus d'importance dans le monde comme procédé de conservation des aliments.

Le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) subventionne plusieurs projets de recherche dans lesquels la radiation solaire intervient seule ou combinée avec la combustion de déchets agricoles comme moyen de sécher des plantes cultivées et d'autres produits alimentaires. Plusieurs de ces projets étudient l'influence des procédés de dessication sur la préservation des éléments nutritifs.

Comme les divers projets subventionnés par le CRDI touchant la déshydratation des produits et le séchage des céréales se situent dans des pays dont les conditions d'environnement sont fort différentes, et comme l'éventail des activités s'y rapportant couvre plusieurs disciplines scientifiques, il a été jugé opportun de convoquer des spécialistes de la recherche représentatifs de la diversité géographique et scientifique dont on doit tenir compte.

On a donc organisé, du 6 au 9 juillet 1981, à l'Université de l'Alberta et avec la collaboration du ministère de l'Agriculture (ADA) de cette province, un colloque comportant deux journées de réunions, une journée organisée par l'ADA consacrée à la visite d'une installation de séchage du grain, d'une ferme locale et d'un élévateur primaire, ainsi qu'une journée de visites privées de divers participants à des départements universitaires et à des organismes commerciaux. Les pays suivants étaient représentés au colloque : Bangladesh, Chili, Costa Rica, Corée, Égypte, Guatemala, Inde, Indonésie, Kenya, Malaisie, Mali, Niger, Pérou, Philippines, Sierra Leone, Singapour, Thaïlande et Zambie ; une immense diversité de conditions climatiques, géographiques et socio-économiques étaient donc représentées. L'expérience des participants s'étendait à l'économie domestique, les sciences de l'alimentation, la physique et l'ingénierie. Les principaux sujets dont il a été traité étaient surtout les besoins en matière de séchage, l'accueil du consommateur, la transmission de la chaleur et l'extraction de l'humidité et les sources de chaleur. Le présent ouvrage rassemble les communications qui ont été présentées et discutées ainsi que les commentaires du coordonnateur technique du colloque.

Mes collègues de la Division des sciences de l'agriculture, de l'alimentation et de la nutrition (SAAN) estiment, que grâce à la qualité des exposés préparés par les participants, cette brochure sera utile aux personnes des pays en développement qui partagent les mêmes besoins et les mêmes intérêts.

J.H. Hulse, *Directeur*
Division des sciences de l'agriculture, de l'alimentation et de la nutrition

Participants

A. Alam, Coordonnateur du projet d'études techniques post-récolte, Institut central de génie rural, Complexe Shri Guru Tegh Bahadur, T.T. Nagar, Bhopal 462 003 (Inde).

Hatem Mohamed Ali, Chef du laboratoire de nutrition des animaux et de la volaille, Centre national de recherches, Dokki, Le Caire (Égypte).

Silvestre C. Andales, Professeur adjoint et directeur de projet, Projet post-récolte UPLB/CRDI, Département des techniques de transformation des produits agricoles, Université des Philippines à Los Baños, College, Laguna 3720 (Philippines).

M. Zohadie Bardaie, Département de génie rural, Universiti Pertanian Malaysia, Serdang, Selangor (Malaisie).

Michael W. Bassey, Département du génie mécanique, Fourah Bay College, Université de Sierra Leone, Freetown (Sierra Leone).

Ernesto V. Carpio, Ingénieur de projet, Département des sciences et des techniques alimentaires, Université des Philippines à Los Baños, College, Laguna 3720 (Philippines).

Teoh Inn Chek, Lembaga Padi Dan Beras Negara, Tingkat 20–21, Bangunan UMBC, 4, Jalan Sulaiman, Kuala Lumpur, Peti Surat 108 (Malaisie).

Chong Thean Chhong, Section de chimie et de transformation alimentaire, Institut des normes et de la recherche industrielles de Singapour, Maxwell B.P. 2611, Singapour 9046 (République de Singapour).

J.M. Degbe, Office national de l'énergie solaire, B.P. 621, Niamey (Niger).

Dante B. de Padua, Chef d'équipe technique, Programme coopératif de recherches et de développement post-récolte dans le Sud-Est asiatique, a/s SEARCA, College, Laguna 3720 (Philippines).

W. Edwardson, Administrateur de programme principal, Division des sciences de l'agriculture, de l'alimentation et de la nutrition, Centre de recherches pour le développement international, 10454, Whyte Avenue, Suite 304, Edmonton, Alberta (Canada).

R.S. Forrest, Directeur associé, Secteur des techniques et projets ménagers, ministère de l'Agriculture de l'Alberta, Agriculture Building, 9718 107 Street, Edmonton, Alberta (Canada).

Ricardo García, Ingénieur, Division de la recherche appliquée, Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial, Avenida La Reforma 4–47 Zone 10, Apartado Postal 1552 (Guatemala) C.A.

Celsa Lastreto Gomez, Centro de Investigaciones on Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica, San Jose (Costa Rica).

M.I. Gomez, Maître de conférence, Département des sciences et des techniques de l'alimentation, Faculté d'agriculture, Université de Nairobi, B.P. 29053, Kabete, Nairobi (Kenya).

H.K. Koh, Professeur associé, Division du machinisme agricole et des techniques de transformation, Département du génie rural, Collège d'agriculture, Université nationale de Séoul, Suweon (Corée) 170.

Carlos Lescano, Jefe, Departamento de Tecnología de Alimentos y Productos Agropecuarios, Universidad Nacional Agraria La Molina, Apartado 456, Lima (Pérou).

J. Lorenzana, Département du génie rural, Isabela State University, Echaque, Isabela (Philippines).

Joseph M. Mwale, Agent scientifique principal, Section de la recherche en techniques alimentaires, Conseil national de la recherche scientifique, B.P. CH-158, Chelston, Lusaka (Zambie).

Candido Joven Miguel, Pasig Distributors Corporation, 114 Plaza Rizal, Pasig, Metro Manila (Philippines).

Tipvanna Ngarmsak, Département des produits agricoles, Faculté d'agriculture, Université de Khon Kaen (Thaïlande).

J.M. Olhagaray, Institut de recherche technologique (INTEC/CHILE), Casilla 667, Santiago (Chili).

P.V. Prabhu, Scientifique, Institut central des techniques de la pêche, Projet de transformation du poisson CIFT/CRDI, Willingdon Island, Matsyapuri P.O., Cochin 682 029 (Inde).

Abdus Satter, Agent scientifique principal, Génie rural, Institut de recherche agricole du Bangladesh, Joydebpur, Dacca (Bangladesh).

O.G.A. Schmidt, Administrateur de programme, Division des sciences de l'agriculture, de l'alimentation et de la nutrition, Centre de recherches pour le développement international, 10454 Whyte Avenue, Suite 304, Edmonton, Alberta (Canada).

Sriwai Singhagajen, Chef, Section du traitement et du stockage, Division du génie rural, Département de l'agriculture, ministère de l'Agriculture et des coopératives, Bangkhen, Bangkok 9 (Thaïlande).

Wenceslao M. Sison, Superviseur des plans et programmes agricoles et directeur de projet, Direction générale de la recherche et des services techniques, Service national de l'alimentation, 101 E. Rodriguez Sr. Avenue, Matimyas Building, Quezon City (Philippines).

Sjachputra, a/s Haji Muslimin Nasution, Ministry of Co-operatives, Departemen Perdagangan Dan Koperasi, Sekretariat Menteri Muda Urusan Koperasi, B.P. 384, Jakarta (Indonésie).

Suahyadi, Directeur de projet, Bureau national de logistique (BULOG), Projet BULOG/CRDI sur la technologie post-récolte du riz, B.P. 2345, Jakarta (Indonésie).

J.A. Sumardi, Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan, Universitas Brawijaya, Proyek Kerjasama Unibraw/IDRC, Jalan Mayjen Haryono 169, Malang, Jatim (Indonésie).

Salomon Chavez Tapia, Departamento de Tecnología Pesquera, Universidad Nacional Agraria La Molina, Apartado 456, Lima (Pérou).

Cheick Oumar Traoré, Laboratoire de l'énergie solaire, B.P. 134, Bamako (Mali).

S. Vogel, Administrateur de programme, Division des sciences de l'agriculture, de l'alimentation et de la nutrition, Centre de recherches pour le développement international, 10454 Whyte Avenue, Suite 304, Edmonton, Alberta (Canada).

G. Yaciuk, Administrateur de programme, Division des sciences de l'agriculture, de l'alimentation et de la nutrition, Centre de recherches pour le développement international, 10454 Whyte Avenue, Suite 304, Edmonton, Alberta (Canada).

Personnel du CRDI

M.C. Beaussart, Administrateur adjoint, Division des sciences de l'agriculture, de l'alimentation et de la nutrition, CRDI, 10454 Whyte Avenue, Suite 304, Edmonton, Alberta (Canada).

A. Chouinard, Rédactrice technique, Division des communications, CRDI, B.P. 8500, Ottawa, Ontario (Canada) K1G 3H9.

K. Kealey-Vallière, Rédactrice technique adjointe, Division des communications, CRDI, B.P. 8500, Ottawa, Ontario (Canada) K1G 3H9.

Adoption de la banane déshydratée comme aliment de sevrage à Costa Rica

Celsa Lastreto G., Rodney Cooke et Armando Campos S.[1]

Résumé Pour répondre à l'invitation lancée par le Programme pour les aliments et la nutrition de Costa Rica, on a mis au point une céréale de sevrage pour les bébés, à base de banane, de riz et de soja. Ce nouvel aliment, qui sera mis en vente dans les magasins, utilise avant tout des matières premières produites dans le pays. Il est sous forme de petits flocons et peut être délayé dans du lait ou de l'eau. Le produit a été fortifié par des vitamines et des minéraux et est prévu comme complément alimentaire au sevrage. Le procédé de préparation comporte une cuisson pour ramener les agents inhibiteurs du soja à un degré raisonnable, la gélatinisation de l'amidon du riz, l'inactivation des enzymes de la banane, et la déshydratation du mélange à 5 % de TH dans un séchoir à tambours.

Les études d'optimalisation des ingrédients utilisant le pointage chimique comme indice de nutrition, avec le contenu de banane maintenu à 40 %, ont indiqué que les mélanges comprenant 10,5 % et 16,5 % de matières sèches de soja constituaient le meilleur complément des protéines du riz et du soja. D'après des analyses chimiques et biologiques et le jugement de dégustateurs, la céréale pour bébés est restée stable après 12 mois d'entreposage dans un emballage en feuilles de papier, d'aluminium ou de polyéthylène. Le produit obtenu a été préparé à l'échelle commerciale. Il fournit beaucoup de calories et possède les caractéristiques fonctionnelles (viscosité, dispersabilité, absorption de l'eau) recommandables pour ce genre d'aliment. Son acceptabilité a fait l'objet d'une étude « L'alimentation des enfants de moins de deux ans » au premier stade des essais pratiques. Aux fins de cette évaluation, on a choisi un groupe de 50 familles ayant chacune un enfant de moins de 2 ans et demeurant dans un secteur urbain exposé à la sous-alimentation. D'après les renseignements fournis par la mère ou la personne chargée de nourrir l'enfant, les résultats ont démontré que le produit avait été bien accueilli.

Pour répondre au but énoncé dans le Programme pour les aliments et la nutrition du gouvernement de Costa Rica, de rechercher des produits d'alimentation nutritifs, peu coûteux et de distribution facile, bien acceptés du public, le Centre de recherche technique en alimentation (Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos (CITA) a porté ses efforts sur la mise au point de produits répondant à ces exigences, notamment une céréale déshydratée, à saveur de banane, pouvant servir de complément alimentaire pour la période du sevrage et pouvant être préparée à l'eau ou au lait. Dans la préparation du produit n'entrent que des matières premières locales, soit de la banane pour tirer parti de l'excédent de récolte non exportable de Costa Rica, du riz cultivé dans le pays, et du soja entier pour améliorer la valeur protéique de la préparation, fournir l'huile nécessaire à la fabrication et apporter un supplément de calories. Ont été étudiées également les possibilités d'utilisation d'autres légumineuses (niébé et pois d'Angola) à la place du soja. Dans ce cas, le produit devait fournir un complément de lysine des aminoacides, de tryptophane et de thréonine dont les céréales sont déficientes, et de méthionine dont les légumineuses et les oléagineux ne contiennent souvent que de faibles quantités (Rosenberg et Culik, 1957 ; Bressani et alii, 1972a, b). Le projet a étudié l'effet obtenu sur la valeur nutritive et les caractéristiques fonctionnelles du produit en variant les proportions de soja, le contenu en banane constant à 40 % assurant au produit sa saveur distinctive. La formule définitive, enrichie d'huile de soja pour en améliorer la teneur calorique et fortifiée de vitamines et de minéraux, a été préparée à l'échelle commerciale et a donné une céréale possédant les caractéristiques fonctionnelles recommandées. L'acceptabilité du produit a fait l'objet d'un projet intitulé « Ali-

1. Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos (CITA), Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica.

ments pour bébés de moins de 2 ans », ayant pour but l'obtention d'aliments contenant beaucoup de calories destinés aux enfants en bas âge au sevrage, élevés dans des milieux affectés par la sous-alimentation. Les objectifs spécifiques peuvent être énumérés comme suit :

(1) Apprécier l'acceptabilité et l'effet sur la nutrition de différents produits comestibles pouvant remédier efficacement à la malnutrition dont souffrent certaines populations rurales et urbaines.

(2) Confirmer les hypothèses déjà envisagées concernant les principaux facteurs et rapports susceptibles d'affecter les résultats, lorsqu'on présente des nouveaux produits alimentaires à l'échelon non commercial, à des familles résidant dans ces endroits.

(3) Consolider une méthode de recherche appropriée au contexte social de Costa Rica et à d'autres qui lui sont proches, pouvant servir de base à des études plus poussées dans ce domaine.

L'acceptabilité du produit a été évaluée à l'aide d'un test préliminaire, sur place, dans lequel on a distribué trois formes du produit : une céréale déshydratée pour bébés à saveur de banane ; une céréale à base de riz ; et une céréale à base de riz et de fève. Chacune a été mise à l'essai parmi un groupe de 50 familles, pendant deux mois. Un autre groupe témoin de 50 familles participait également aux essais, soit un total de 200 personnes. Chaque famille comptait au moins un enfant de moins de deux ans en voie d'être sevré ou venant de l'être.

Méthode de préparation

Essentiellement, la méthode de préparation comportait la cuisson préalable des ingrédients de la céréale et le séchage de la bouillie ainsi obtenue dans un séchoir à tambours. Après lavage à l'eau courante, les fèves de soja ont été mises à cuire pendant 39 min. à 121 °C ; on a ensuite vidé l'eau de cuisson pour enlever les hydrates de carbone solubles, cause principale de flatulence (Rackis et alii, 1970). La cuisson du soja permet de réduire la concentration des inhibiteurs et des oligo-saccharides qui provoquent la flatulence (Shemer et alii, 1973 ; Rackis et alii, 1974). On a ajouté ensuite l'eau et le riz qu'on a laissé bouillir 5 min. afin de gélatiniser l'amidon. À ce stade, les bananes épluchées ont été placées dans une cuve d'eau avec 0.1 % en poids d'acide ascorbique, pour éviter la décoloration du produit. Après quoi, on a ajouté le contenu de cette cuve au soja et au riz dans le cuiseur, et on a laissé bouillir le mélange durant 3 min. pour supprimer l'action des enzymes de la banane.

La préparation cuite était ensuite transvasée dans un réservoir alimentant un moulin Fitz, d'où elle passait dans un autre réservoir qui, à son tour, alimentait le séchoir à tambours. Dans ce dernier réservoir, la température était maintenue à 70 °C pour réduire la viscosité de la préparation, diminuer le coût du séchage et assurer que la pellicule formée dans le séchoir reste uniforme. Ce degré de chauffage prévient également le développement des microorganismes (Jay, 1973 ; Frazier, 1978).

La pression et la vitesse auxquelles le séchoir opérait ont été déterminées d'après un débit spécifique en grammes par heure et d'après les caractéristiques fonctionnelles du produit final (Fig. 1).

Résultats

Aspects nutritifs

Pour optimaliser les proportions relatives des ingrédients : banane–riz–soja du mélange on a eu recours à un pointage chimique pris comme indice nutritif. Ce pointage chimique a été effectué par une série d'équations linéaires, le contenu en banane restant constant à 40 %, et la teneur protéique fluctuant entre 8 et 18 %. Pour chacun des mélanges, on a relevé le pointage chimique et le contenu en calories. Ce pointage s'est effectué suivant les normes de 1976 de l'Organisation pour l'alimentation et la santé (OAS) des Nations Unies, et d'après celles de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) de 1973 en ce qui concerne les aminoacides. Les résultats obtenus ont indiqué comme proportion optimale de 10 à 12 % de protéine. En d'autres termes on a constaté que les meilleures préparations étaient celles contenant de 10,5 à 16,5 % de soja. Le contenu calorique a été pratiquement le même pour toutes (Tableau 1).

Les mélanges contenant 30 et 40 % de soja ont été expédiés à l'Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) et à l'Institut des produits tropicaux (TPI) pour les analyses biologiques suivantes : indice d'utilisation de la protéine (IUP), utilisation nette de la protéine (UNP) et rapport protéique net (RPN). Les résultats ont indiqué que la qualité de la protéine des préparations atteignait 63 à 77 % de celle de la caséine, c'est-à-dire qu'elle était bonne mais non excellente. La raison en est que même si le mélange de riz et soja contient une bonne variété d'aminoacides, l'addition de banane réduit la qualité de la protéine à cause, peut-être, d'une décoloration d'origine non enzymatique du type Maillard, durant le processus de séchage.

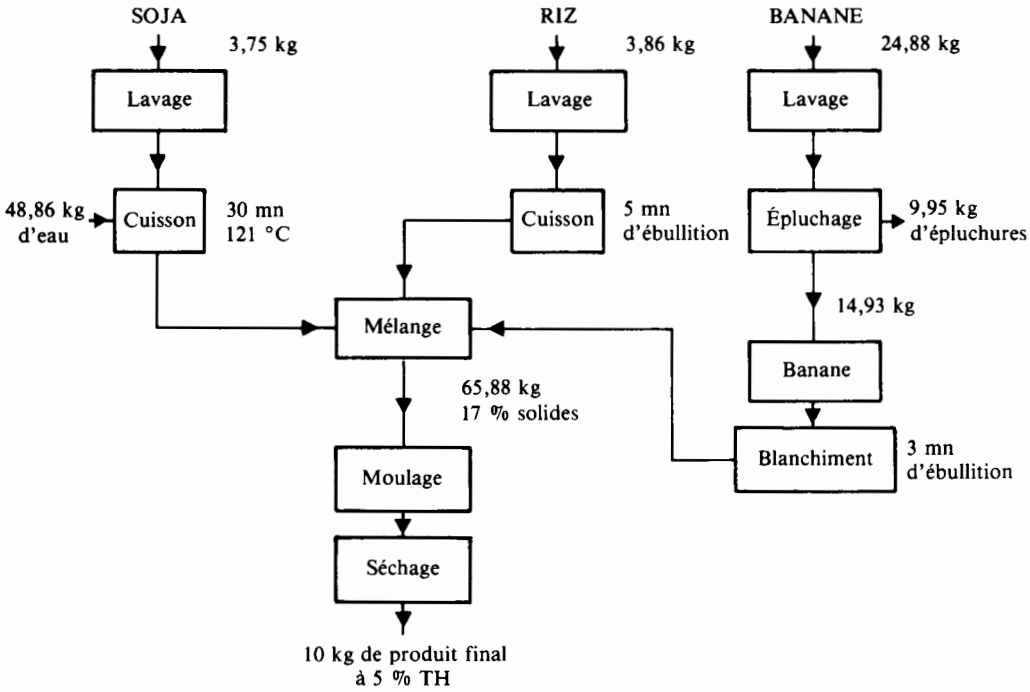

Fig. 1. Équilibre des ingrédients d'une préparation contenant 40 % de banane mûre (70 % TH), 30 % de riz (13 % TH) et 30 % de soja entier (10,4 % TH).

Caractéristiques fonctionnelles

Pour l'appréciation des caractéristiques fonctionnelles des préparations étudiées, on a eu recours aux méthodes et tests analytiques en usage dans l'industrie des aliments pour bébés pour le contrôle de la qualité, d'après les informations transmises par Productos Gerber de Centro América, S.A.

Les diverses préparations contenant différents pourcentages de soja et produites à l'échelle industrielle dans des conditions de séchage différentes ont été cotées d'après les caractères suivants : densité, solubilité, absorption de l'eau, consistance, tendance à former des grumeaux, et viscosité. Il ressort des résultats obtenus que les ingrédients du mélange ont une plus grande influence sur le produit final et, en particulier sur sa qualité, que les conditions de séchage. A mesure qu'on a augmenté le contenu de riz, la cote de l'absorption d'eau a été en diminuant. Tous les mélanges, préparés à l'échelle industrielle ou en moindres quantités, possédaient les propriétés requises d'un produit de ce genre (Tableau 2) et ils étaient comparables aux céréales pour bébés de Productos Gerber de Centro América, S.A.

Appréciation sensorielle du produit et conservation

La composition des préparations R_{40}, G_{40} et S_{40} s'établit comme suit : R_{40} = 40 % dolique, 20 % riz et 40 % banane ; G_{40} = 40 % pois d'Angola, 20 % riz et 40 % banane ; S_{40} = 40 % soja, 20 % riz et 40 % banane. Comme première étape, on a étudié l'acceptabilité et les qualités de conservation des trois préparations.

Des échantillons ont été conservés durant 12 semaines dans trois emballages commerciaux différents. Des analyses chimiques et microbiologiques, ainsi que des appréciations sensorielles ont eu lieu avant et après la mise en entreposage.

Différences entre les préparations

Les préparations ont différé sensiblement pour la couleur, l'odeur, la consistance et la saveur (test Tukey). Les résultats se sont avérés meilleurs pour le mélange au soja (S_{40}) que pour les mélanges au niébé et aux pois d'Angola (R_{40} et G_{40}) pour ce qui est de la couleur et de l'odeur. Pour la consistance, les résultats ont donné l'avantage au mélange R_{40} dont le produit final plus croustillant s'est mieux classé.

Tableau 1. Caractéristiques de différentes préparations de soja-riz-40 % banane (S).

Préparation	% base sèche		% protéine	kcal/100 g	Pointage chimique	Aminoacide limitatif
S_5	Soja Riz	5 55	8	390	82	Lysine
$S_{7,5}$	Soja Riz	7,5 52,5	9	391	86	Lysine
$S_{10,5}$	Soja Riz	10,5 49,5	10	392	90	Lysine
$S_{13,5}$	Soja Riz	13,5 46,5	11	393	92	Contenant du soufre
$S_{16,5}$	Soja Riz	16,5 43,5	12	393	90	Contenant du soufre
S_{22}	Soja Riz	22 38	14	395	86	Contenant du soufre
S_{25}	Soja Riz	25 35	15	395	85	Contenant du soufre
S_{30}	Soja Riz	30 30	17	396	84	Contenant du soufre
S_{40}	Soja Riz	40 20	20	399	81	Contenant du soufre

Différences dans les emballages et les périodes de conservation

Pour aucune des préparations les caractères sensoriels analysés n'ont révélé de différences significatives attribuables à l'emballage, ce qui confirme le fait que les trois types d'empaquetages utilisés possédaient des caractéristiques identiques. Au cours des périodes d'entreposage, on n'a pas remarqué de différences de saveur, de couleur ou de consistance ; la seule qu'on ait notée concernait l'odeur qui tend à se détériorer quelque peu après 6 semaines tout en restant cependant acceptable. Durant les 12 semaines de conservation, la teneur en humidité est demeurée stable dans toutes les préparations et avec les trois types d'emballages mis à l'essai. Les analyses subséquentes n'ont relevé aucun problème dû aux attaques de moisissures, de bacilles coliformes ou autres.

Des lots de la préparation S_{30}, après un an de conservation, ont subi des analyses microbiologiques et de leur teneur en humidité. La comparaison des résultats avec ceux des analyses faites 24 heures après la préparation du produit a confirmé sa bonne qualité microbiologique, aucune différence significative n'étant apparue dans le nombre des microorganismes pas plus que dans la teneur en humidité. Au cours de cette même période, aucun changement n'a été noté dans le contenu humide pour aucune des formes d'emballages.

Production à l'échelle industrielle

La préparation du produit à l'échelle industrielle a été effectuée dans les installations de la Productos Gerber de Centro América à Costa Rica. Il a été fortifié de vitamines et de minéraux et enrichi avec 10 % d'huile de soja pour accroître sa valeur calorique.

Le procédé de fabrication industrielle est semi-continu. On commence par mélanger la pulpe de banane avec la farine de riz et de soja auxquelles on ajoute ensuite les autres ingrédients avec de l'eau, pour obtenir un mélange dont la teneur totale en éléments solides est d'environ 17 % (Fig. 2).

À la sortie du séchoir à tambours, le produit a la forme de petits flocons à saveur et odeur de banane et dont la composition chimique est la suivante : humidité 4,90 %, protéine 10,20 %, matières grasses 13,85 %, cendre 3,3 %, hydrates de carbone 67,5 %, cellulose 0,70 %, sucres réducteurs 9,40 %, teneur calorique 463 kcal/100 g, (sec), thiamine 1,58 mg/100 g, riboflavine 1,90 mg/100 g, niacine 14,08 mg/100 g, calcium 634 mg/100 g, phosphore 528 mg/100 g, et fer 15-25 mg/100 g. Le produit obtenu répond aux normes de Gerber concernant les caractéristiques fonctionnelles et les analyses microbiologiques. Il a été empaqueté dans des sacs en feuilles de polyéthylène et d'aluminium contenant 265 g, et ensuite distribué dans les foyers participant à l'en-

Tableau 2. Caractéristiques fonctionnelles des mélanges S_{30}, S_{22}, $S_{16,5}$ et $S_{10,5}$ (S = soja riz banane) préparés dans sept conditions différentes de séchage.

Préparations	Conditions de séchage (lb/po.ca.)	Conditions de séchage (tr/min.)	Densité (g/cm³)	Solubilité (%)	Degré d'absorptivité de l'eau[a]	Consistance (I)	Tendance à former des grumeaux (II)	Viscosité (cP)[a]	Qualité d'après (I) et (II)[b]
S_{30}	50	2,25	0,19	27,0	1	Déliée	Aucune	1280	1-1
	80	2,25	0,17	31,0	1	Déliée	Aucune	1360	1-1
	80	3,25	0,19	33,0	1	Déliée	Aucune	1280	1-1
	80	4,50	0,21	37,0	1	Déliée	Aucune	1280	1-1
	100	3,25	0,16	33,0	1	Déliée	Aucune	1360	1-1
	100	4,50	0,20	32,0	1	Déliée	Aucune	1200	1-1
	100	5,50	0,19	39,0	1	Déliée	Aucune	1120	1-1
S_{22}	50	2,25	0,21	27,4	1	Déliée	Modérée	910	1-3
	80	2,25	0,19	35,6	1	Déliée	Modérée	770	1-3
	80	3,25	0,22	24,5	2	Déliée	Modérée	915	1-3
	80	4,50	0,15	27,4	3	Déliée	Légère	1840	1-2
	100	3,25	0,14	31,6	2	Déliée	Aucune	1255	1-1
	100	4,50	0,20	36,0	2	Déliée	Légère	1130	1-2
	100	5,50	0,15	33,5	1	Déliée	Légère	940	1-2
$S_{16,5}$	50	2,25	0,18	34,6	3	Déliée	Modérée	1180	1-1
	80	2,25	0,24	47,8	2	Déliée	Modérée	1010	1-1
	80	3,25	0,23	38,9	2	Déliée	Aucune	1280	1-1
	80	4,50	0,23	37,2	2	Déliée	Légère	880	1-2
	100	3,25	0,18	34,3	3	Déliée	Aucune	1450	1-1
	100	4,50	0,16	33,7	3	Déliée	Aucune	1215	1-1
	100	5,50	0,11	33,4	2	Déliée	Aucune	1170	1-1
$S_{10,5}$	50	2,25	0,18	38,3	3	Déliée	Aucune	1354	1-1
	80	2,25	0,12	36,3	3	Déliée	Légère	1600	1-2
	80	3,25	0,18	38,6	3	Déliée	Aucune	1794	1-1
	80	4,50	0,17	37,8	3	Déliée	Aucune	Pas de relevé (plus de 100)	1-1
	100	3,25	0,16	36,3	3	Déliée	Aucune	1700	1-1
	100	4,50	0,17	43,7	3	Déliée	Aucune	1450	1-1
	100	5,50	0,12	32,8	3	Déliée	Aucune	1440	1-1

a) Viscosité déterminée à l'aide de l'aiguille no 4 de Brookfield, utilisant la quantité d'eau correspondante à la cote d'absorptivité d'eau de la préparation en question.
b) Valeur qualitative d'après l'échelle établie pour les préparations d'aliments pour bébés : les degrés 1 et 2 sont bons, 3 doit être rapporté et 4 doit être rejeté.

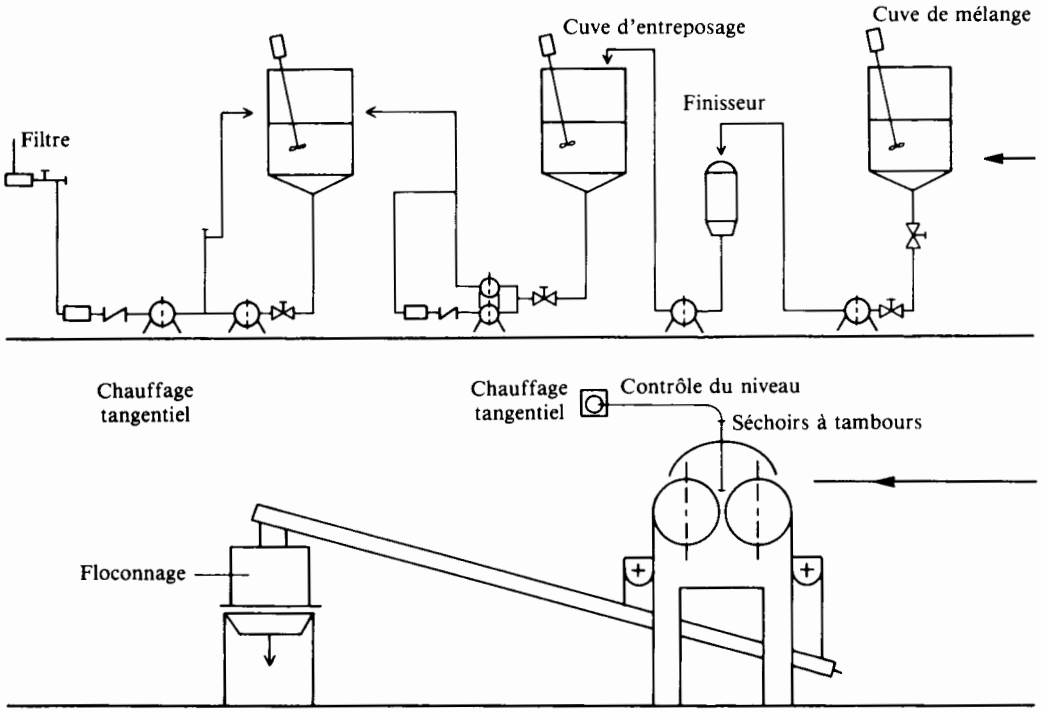

Fig. 2. Chaîne de fabrication pour la préparation à l'échelle industrielle.

quête sur l'acceptabilité et l'effet nutritif de la céréale.

Acceptabilité du produit

L'acceptabilité du produit a été évaluée durant le test pratique préliminaire mentionné plus haut. La première étape de cette étude comportait le recrutement de 200 familles domiciliées dans quatre régions urbaines déclarées zones exposées à la malnutrition par le Service d'information sur la nutrition de Costa Rica. Chacune de ces familles devait compter au moins un enfant de moins de 2 ans déjà sevré ou en voie de l'être, et formait ainsi une unité analytique du thème central. Les familles ont été divisées en groupes de 50 chacun, auxquels les aliments ont été distribués de la façon suivante : groupe 1 — céréale déshydratée à saveur de banane ; groupe 2 — céréale au riz ; groupe 3 — riz et fèves ; et groupe 4 — témoin ne recevant aucun produit.

Des relevés constants ont permis de suivre la distribution et la consommation des céréales à la banane et au riz en vue, essentiellement, d'en constater l'acceptabilité et l'effet sur la nutrition. Les familles du groupe 3 ont reçu la préparation de riz et de fèves afin de vérifier une autre hypothèse, c'est-à-dire qu'en augmentant la somme d'aliments dont disposeraient les adultes d'un groupe de familles, la nutrition des enfants en bénéficierait de façon positive. Dans les quatre groupes, on a observé de près les quantités d'aliments consommés, l'état de santé et la situation socioéconomique de chaque famille. Au point de vue nutritif l'effet de l'aliment a été vérifié par des procédés anthropométriques, tandis que des observateurs compétents interrogeaient les mères ou les personnes chargées de nourrir les bébés pour établir l'acceptabilité.

Sur ce dernier point, les informations ont porté sur un ensemble de variables : connaissances et préjugés à propos des aliments pour bébés, type de régime de l'enfant, disponibilité effective des aliments, etc. On a voulu également constater si l'instruction donnée aux quatre groupes sur les principes élémentaires de la nutrition avait quelque effet sur ces variables. Les facteurs d'acceptabilité des aliments pour bébés ont été classés en cinq groupes : caractères organoleptiques, réactions de l'enfant en absorbant l'aliment, ingestion, résultats obtenus dans la préparation de la céréale, et évaluation des propriétés nutritives et digestives du produit offert.

La vérification de ces facteurs a eu lieu deux fois : au début et, ensuite, à la fin de la période

d'utilisation de l'aliment. On a pu relever ainsi les changements intervenus et vérifier la constance des informations recueillies. La période du test a duré 8 semaines.

Résultats

Organoleptiques

Chaque mère a goûté le produit et s'est ensuite prononcée sur sa saveur, sa couleur et son odeur. Entre 70 et 90 % des mères l'ont déclaré bon ou très bon, à l'échelle hédonistique de tous les facteurs.

Préparation de la céréale

Chaque mère a donné son opinion personnelle de la consistance du produit préparé. A la première consultation, l'on a constaté que 60 % des mères l'avaient trouvé lisse, et 5 % grumeleux. A la deuxième consultation, 8 semaines plus tard, 80 % ont été d'accord sur la consistance lisse de la préparation.

Appréciation des qualités digestives et nutritives

Les mères ont été invitées à donner leur appréciation de la valeur nutritive du produit et de sa digestibilité par le bébé. Plus de 90 %, dans les deux entrevues, ont décrit la valeur nutritive comme bonne ou très bonne, le même jugement s'appliquant à sa digestibilité (Tableau 3).

Le produit a pu ainsi mériter des notes assez élevées, confirmant les analyses sensorielles effectuées en laboratoire. L'opinion maternelle a paru plus précise dans la deuxième consultation ; c'est pourquoi il a semblé plus logique de lui accorder une fiabilité supérieure à celle de la première. Ces informations ne vont pas à l'encontre de celles obtenues de la consommation. L'acceptabilité de la céréale au riz s'est également révélée élevée, mais les données s'y rapportant n'ont pas été incluses dans ce rapport, les différences d'une localité à l'autre n'ayant pu être entièrement éliminées (du fait que l'étude était menée dans des conditions non artificielles), et on ne saurait considérer les informations comme strictement comparables.

Tableau 3. Réaction des enfants au moment du repas, et quantité du produit consommée.

	Premier traitement		Deuxième traitement	
Réaction				
Beaucoup apprécié	52,5	75,0	40,5	78,6
Moyennement apprécié	22,5		38,1	
Assez peu apprécié	12,5		19,0	
Très peu apprécié	5,0		—	
Incertains	—		2,4	
Données manquantes	7,5		—	
Portion consommée				
Entière	65,0	72,5	69,0	78,5
Presque entière	7,5		9,5	
Environ la moitié	5,0		4,8	
Moins que la moitié	2,5		4,8	
À peine touché	12,5		7,1	
Données manquantes	7,5		—	

Bressani, R. et alii. 1972a. Improvement of protein quality by amino acid and protein supplementation. Oxford, U.K., Pergamon Press, pp. 475-539.

1972b. The nutritional value of rice in comparison with that of other cereals in the human diet in Latin America. Reprinted from : Rice Policy in Latin America. Cali, Colombia, CIAT, 19 p.

Frazier, W.C. 1978. Food microbiology (3rd ed.). New York, USA, McGraw Hill, 540 p.

Jay, J.M. 1973. Modern food microbiology. Zaragoza, Acribia, 319 p.

Rackis, J.J. et alii. 1970. Flavor and flatulence in soybean protein products. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 18(6), 977-982.

1974. Biological and physiological factors in soybeans. Journal of the American Oil Chemist's Society, 51, 161A-174A.

Rosenberg, H.R. et Culik, R. 1957. The improvement of the protein quality of white rice by lysine supplementation. Journal of Nutrition, 63, 477-487.

Shemer, M., Wei, L.S. et Perkins, E.G. 1973. Nutritional and chemical studies of three processed soybean foods. Journal of Food Science, 38, 112-115.