

La cuisson-extrusion à très faible coût pour la production de farines infantiles au Burkina Faso: intérêts et contraintes

Mouquet^{1*} Claire, Salvignol² Bertrand, Trèche³ Serge

¹ UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés»/IRD, 01 BP182, Ouagadougou, Burkina Faso.

² GRET, 213 rue La Fayette, F75 010, Paris, France.

³ UR106/IRD, BP 64501, F 34 394 Montpellier cedex 5, France.

*Auteur correspondant: claire.mouquet@ird.bf

- Résumé -

La cuisson-extrusion est un procédé intéressant pour la production de farines infantiles, car il permet à la fois de gélatiniser et de dextriniser l'amidon et de réduire certaines activités antinutritionnelles. Les températures élevées atteintes au cours du procédé garantissent également au produit de bonnes qualités hygiéniques. Mais la plupart des cuiseurs-extrudeurs (CE) existants ne sont pas adaptés aux contextes des pays en développement, car ils requièrent un investissement financier considérable et ont une capacité de production trop importante (environ 300 kg/h).

Au Vietnam, des CE monovis de petite capacité de production (30 à 50 kg/h) utilisés pour la fabrication d'aliments de rue ont été adaptés à la production de farines infantiles. Ces CE simplifiés sont toutefois moins performants que les équipements industriels: la teneur en lipides du mélange à extruder ne doit pas dépasser 6 g/100 g de matière sèche, sous peine de réduire les températures atteintes au cours du procédé. Néanmoins, une farine infantile instantanée de bonne qualité nutritionnelle, organoleptique et hygiénique a été obtenue par mouture d'extrudats de riz et sésame et de soja torréfié.

Le transfert de ces CE à très faible coût au Burkina Faso n'est cependant envisageable qu'à condition de prendre en compte les contraintes liées au contexte de ce pays. Il faudra notamment étudier les possibilités de construction locale des principales pièces mécaniques de ces CE et adapter leurs performances aux matières premières disponibles. En outre, en raison de la qualité sanitaire peu fiable de l'eau utilisée pour la préparation des bouillies, il sera préférable de mettre au point une farine infantile à cuisson rapide, nécessitant 2 à 3 minutes d'ébullition, plutôt qu'une farine instantanée.

A ces conditions, la mise en œuvre de CE à très faible coût au Burkina Faso pourrait permettre de produire une farine infantile attractive et bon marché.

Mots-clés: Cuisson-extrusion – Farine infantile – Jeunes enfants – Gélatinisation – Dextrinisation.

- Abstract -

Extrusion cooking at very low cost for the production of infant flours in Burkina Faso: interests and constraints

Extrusion cooking is a useful process for the production of infant flours, as it allows to gelatinise and partially dextrinise the starch, and simultaneously reduces the activity of some antinutritional factors. Moreover, the high temperature (about 150°C) generated by the high shear of the blend of raw materials during the process allows the destruction of the initial microflora, thus ensuring good hygienic qualities to the final product.

But existing extrusion equipment is not suited to the context of developing countries as it requires a considerable initial financial investment and the production capacity (minimum 300 kg/hour) is too high, resulting in problems with raw material supply and distribution.

In Vietnam, monovis extruders of very low production capacity (between 30 and 50 kg/h) are currently used for street food manufacture. Their adaptation for instant infant flour production allowed settling several small production units throughout the country. However the performances of these simplified extruders are not as good as those of industrially-built equipment with large production capacity: Particularly, the lipid content of the blend of raw material must not exceed 6g /100g of DM at the risk of considerably reduce the temperature during the process. Nevertheless, an infant flour offering good nutritional, organoleptic and hygienic qualities was formulated with rice-sesame extrudates added with roasted soybean flour, and the product is at present produced and marketed in different areas of Vietnam.

However, the transfer of this simplified very low-cost extruder in Burkina Faso for the production of infant flour will require taking the specific constraints linked to the context of this country into account. In particular, it will be necessary to study the possibilities to locally construct the main spare parts of these equipments. Their performances on raw material available in the country, such as millet, cowpea or groundnut, have also to be evaluated and adapted. In addition, owing to the poor hygienic quality of water used for gruel preparation, it should be preferable to formulate an infant flour to cook for a short time (boiling for 2 or 3 minutes) rather than an instant flour.

Under these conditions, the implementation of the very low-cost extrusion cooking process for the production of infant flour in Burkina Faso could allow to put on the market a cheap and attractive product based on local raw material, offering all the qualities needed to meet infant nutritional requirements, in addition to breastmilk.

Key words: Extrusion cooking - Infant flour - Young children – Gelatinisation – Dextrinisation.

INTRODUCTION

Le procédé de cuisson-extrusion est un des procédés technologiques utilisés pour la production de farines infantiles. Classé parmi les procédés HTST (high temperature-short time), il consiste à pousser une matière première, ou un mélange de matières premières, à l'aide d'une (ou de deux) vis sans fin tournant à grande vitesse dans un étroit fourreau, puis à travers une filière de très petite section (figure 1). Les très fortes pressions et le cisaillement intense engendrés par ce traitement entraînent un autoéchauffement des matières premières qui atteignent en quelques secondes des températures de l'ordre de 120-160°C. En sortie de filière, le retour brutal à la pression atmosphérique entraîne la vaporisation instantanée de l'eau contenue dans le produit et son expansion. Il s'ensuit des modifications biochimiques très importantes ayant des conséquences sur les plans nutritionnel et organoleptique, ainsi qu'une destruction de la flore microbienne et de toute forme de parasites.

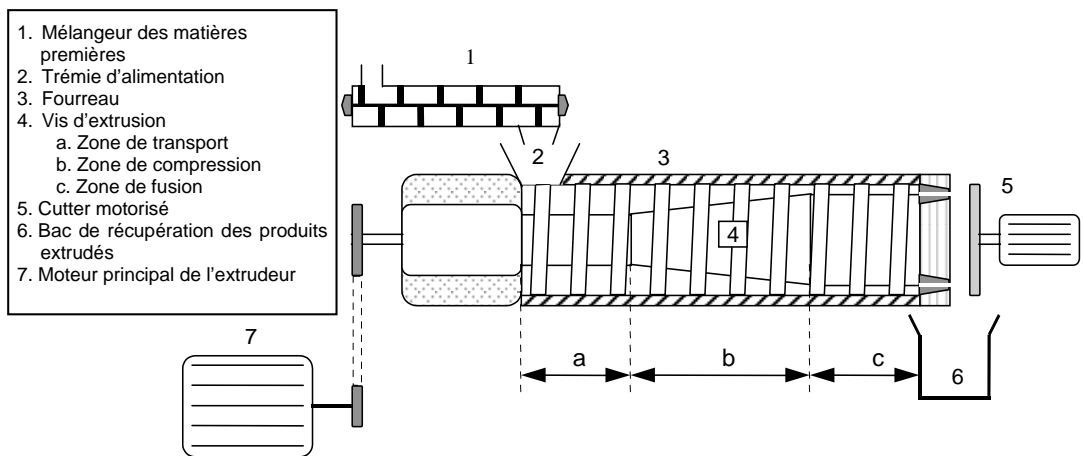


Figure 1: Représentation schématique d'un cuiseur-extrudeur monovis.

Durant la seconde moitié du XX^{ème} siècle, ce procédé intéressant a fait l'objet de nombreuses recherches qui ont abouti à la conception d'équipements extrêmement sophistiqués et performants, variant de par les multiples formes que peuvent prendre les pièces maîtresses que sont la vis, le fourreau et la filière. Au fur et à mesure de leur évolution, les équipements se sont vus dotés d'une seconde vis, tournant ou non dans le même sens que la première, permettant un meilleur contrôle du procédé. D'une capacité de production toujours plus grande (plusieurs tonnes/heures), ils ont finalement atteint un prix très élevé (de l'ordre de 300 000 €, soit 200 millions de Fcfa). De plus, leur niveau de complexité est devenu tel que leur fonctionnement et leur maintenance doivent être confiés à une main-d'œuvre de plus en plus qualifiée. Tout ceci fait que l'utilisation de ces équipements est, à l'heure actuelle, réservée à des entreprises industrielles de taille importante.

Cependant, vers 1970, l'organisme de coopération américain USAID a proposé la mise en œuvre d'un procédé de cuisson-extrusion dit «à faible coût» (*low-cost extrusion cooking*) pour fabriquer, essentiellement à base de maïs et de soja, des aliments pour les jeunes enfants dans les pays en développement¹. L'équipement recommandé est alors un cuiseur-extrudeur monovis simple, autogène (chaleur produite par autoéchauffement des matières premières), permettant l'extrusion de mélanges à faible teneur en eau (inférieure à 20%). Des usines ont été mises en place dans divers pays: Sri Lanka, Costa Rica, Mexique. Actuellement, il en existe

également un certain nombre en Afrique, notamment au Kenya, en Afrique du Sud, et en Ethiopie, entreprises essentiellement créées pour la production d'aliments destinés à l'aide d'urgence en réponse à la demande d'ONG ou d'organismes internationaux. En Afrique de l'Ouest, hormis deux entreprises en Côte d'Ivoire et au Sénégal, le développement du procédé de cuisson-extrusion sur ce modèle reste très limité. La raison principale en est que même pour les équipements dits «à faible coût», l'investissement initial reste très important (environ 50 000 €, soit 33 millions de Fcfa pour le seul cuiseur-extrudeur) et la capacité de production élevée (de 300 kg à 1 tonne/heure), ce qui nécessite des réseaux d'approvisionnement et de distribution bien organisés et un marché bien établi.

Pourtant le procédé de cuisson-extrusion offre de nombreux avantages décrits par plusieurs auteurs^{2,3} parmi lesquels l'inactivation de certains facteurs antinutritionnels tels que les facteurs antitrypsiques, la gélatinisation et la dextrinisation des amidons qui permet la fabrication de produits précuits ou instantanés, la destruction de la flore bactérienne initiale, etc.

Dès lors, la mise au point de cuiseurs-extrudeurs de petite capacité (de l'ordre de 50 kg/h) simplifiés et robustes, devrait constituer une solution intéressante pour la fabrication locale de farine infantile bon marché ayant de bonnes qualités nutritionnelle, organoleptique et sanitaire.

LE CUISEUR-EXTRUDEUR TRÈS FAIBLE COÛT

Historique et description

Il existe en Asie de petits cuiseurs-extrudeurs rudimentaires destinés à la fabrication de gaines et de divers objets en plastique. Les Vietnamiens utilisent ces équipements pour la fabrication de gâteaux de soja ou de nouilles de riz précuites, commercialisés dans la rue. Le GRET et l'IRD, dans le cadre du projet Fasevie⁴ visant à l'amélioration de l'alimentation infantile au Vietnam, ont proposé des modifications et des adaptations des machines vietnamiennes existantes pour la production de farines infantiles à base de matières premières locales, instantanées et bon marché. Le premier équipement de cuisson-extrusion à très faible coût (TFC) mis au point a été décrit de manière détaillée⁵. Une photo des pièces maîtresses (fourreau, vis et filière) est donnée sur la figure 2. Il s'agit d'un cuiseur-extrudeur monovis, autogène, ayant une capacité de production de 30 à 50 kg/h. La longueur du fourreau est de 200 mm, le pas de vis est constant, mais le diamètre du noyau de la vis est croissant afin de permettre une augmentation progressive des forces de friction et, par conséquent, de la température à l'intérieur du fourreau. L'entrefer vis-fourreau se réduit ainsi à 2 mm dans la partie terminale de l'extrudeur. Le rapport longueur du fourreau/diamètre de la vis est de 5. La filière, cylindrique et centrale, est longue de 9 mm et a un diamètre de 5 mm. La vis tourne à une vitesse maximum de 500 tours par minute, mue par un moteur d'une puissance de 10,5 kW.

Cet équipement permet l'extrusion de mélanges ayant une teneur en eau inférieure à 15%, et une teneur en lipides inférieure à 6%. Le temps de séjour à l'intérieur de l'appareil est inférieur à 5 secondes.

Le coût de fabrication au Vietnam du cuiseur-extrudeur TFC est inférieur à 1 500 € (1 million de Fcfa) pour une capacité de production de 40 kg/h. Pour une capacité de production rapportée à 1 tonne/heure, l'investissement initial serait d'environ 30 000 € (20 millions de Fcfa), contre 54 000 € (36 millions de Fcfa) pour les cuiseurs-extrudeurs faible coût, avec la même capacité de production.



Figure 2: Pièces maîtresses du cuiseur-extrudeur très faible coût: 1. Fourreau; 2. Vis; 3. Filière.

PERFORMANCES DU CUISEUR-EXTRUDEUR TFC POUR LA PRODUCTION DE FARINES INFANTILES

Le cuiseur-extrudeur TFC a été expérimenté au Vietnam, pour la fabrication de farines infantiles à base de matières premières produites localement. Différents essais ont été réalisés avec des mélanges formulés à partir de riz, soja et sésame à des teneurs en lipides croissantes (tableau 1).

Tableau 1: Composition et teneurs en lipides des mélanges avant cuisson-extrusion.

	Composition (g/100 g MS)			Teneur en lipides ¹ (g/100 g MS)
	Riz	Soja	Sésame	
Riz	100,0	0,0	0,0	0,7
Mélange A riz/sésame	91,4	0,0	8,6	5,5
Mélange B riz/soja/sésame	64,5	28,1	7,4	11,2

¹ Calculée à partir de la table de composition de Souci et al.⁶

L'évaluation de ses performances a porté sur ses capacités à:

- gélatiniser l'amidon et donner des farines instantanées reconstituables sous forme de bouillie par simple addition d'eau chaude;
- dextriniser l'amidon pour permettre la préparation de bouillies de haute densité énergétique (teneur en matière sèche élevée) à une consistance semi-liquide adaptée au jeune enfant;
- réduire l'activité antitryptique des mélanges comportant du soja.

Les bouillies sont préparées de façon standardisée, soit selon le mode instantané (addition d'eau à 75°C), soit par cuisson (chauffage puis maintien à ébullition pendant 5 min). La teneur en matière sèche finale des bouillies est déterminée par dessiccation à l'étuve à 105°C jusqu'à poids constant. La consistance des bouillies est

évaluée par la mesure de leur viscosité apparente à 83 s^{-1} et 45°C , selon la méthode recommandée par Mouquet et Trèche⁷.

Le taux de gélatinisation a été calculé comme le ratio de l'amidon endommagé par le traitement sur l'amidon total du mélange. Les teneurs en amidon endommagé et total ont été déterminés par dosages colorimétriques^{8,9}.

Le taux de réduction de l'activité antitrypsique a été calculé comme le ratio des activités antitrypsiques des échantillons avant et après cuisson-extrusion, déterminées par la méthode colorimétrique de Kakade et al. modifiée^{10,11}.

Pour vérifier le caractère instantané de la farine obtenue à partir du mélange extrudé avec le cuiseur-extrudeur TFC, le comportement rhéologique (viscosité apparente en fonction de la concentration) des bouillies préparées selon le mode instantané a été comparé à celui des bouillies préparées par cuisson (figure 3). Pour le riz et le mélange A, on constate que les bouillies préparées par cuisson ont, à viscosité apparente égale, soit la même concentration, soit une concentration supérieure à celles des bouillies préparées par simple addition d'eau chaude: les farines peuvent dans ce cas être considérées comme instantanées. Pour le mélange B en revanche, à viscosité égale, la bouillie préparée par cuisson a une concentration très inférieure à celle de la bouillie selon le mode instantané, ce qui signifie que le traitement de cuisson-extrusion n'a pas permis d'obtenir la gélatinisation totale de l'amidon. Il s'ensuit que la consistance de la bouillie dépend fortement du traitement thermique mis en œuvre pour sa préparation. L'amidon n'étant pas totalement précuit après cuisson-extrusion, cette farine ne peut pas être qualifiée d'instantanée.

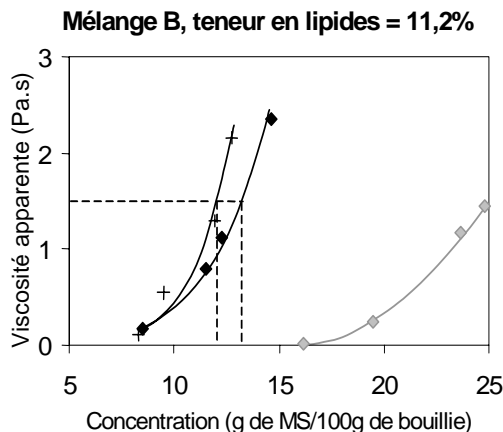
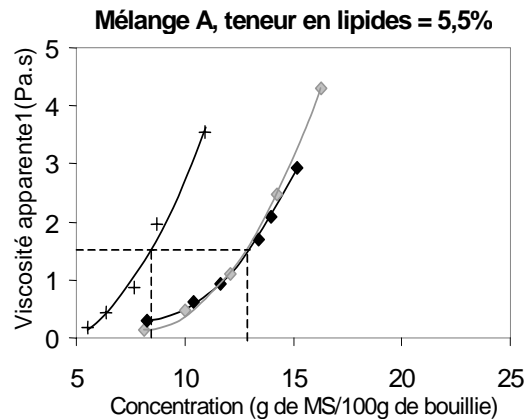
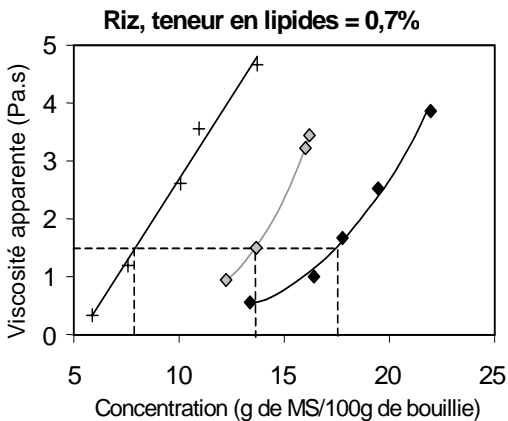


Figure 3: Evolution de la viscosité apparente (à 83 s^{-1} , 45°C) en fonction de la concentration de bouillies préparées à partir de différents mélanges.

- (+) bouillies préparées à partir de farines non extrudées par cuisson à ébullition pendant 5 minutes ;
- (◊) bouillies préparées à partir de farines extrudées (avec le cuiseur-extrudeur TFC) par simple addition d'eau à 75°C ;
- (◆) bouillies préparées à partir de farines extrudées (avec le cuiseur-extrudeur TFC) par cuisson à ébullition pendant 5 min.

La mesure du taux de gélatinisation de l'amidon confirme ces résultats, indiquant un taux de gélatinisation d'environ 100% pour le riz et le mélange A extrudés, et seulement 57% pour le mélange B extrudé.

L'importance de la dextrinisation de l'amidon a ensuite été évaluée en mesurant les gains de concentration obtenus entre deux bouillies préparées à partir des produits crus et extrudés, à une viscosité apparente à $83s^{-1}$ égale à 1,5 Pa.s, limite supérieure d'acceptabilité pour un jeune enfant⁵. Les gains sont de + 6,0; + 4,6 et + 1,2 g de MS pour 100 g respectivement pour les bouillies à base de riz et pour les bouillies préparées avec les mélanges A et B. Si, pour les deux premiers produits, ce gain semble satisfaisant (car la farine est ensuite complétée par un premix apportant notamment soja, sucre et complément minéral et vitaminique), il reste insuffisant pour le mélange B.

Il apparaît donc que l'intensité de l'effet du traitement de cuisson-extrusion à l'aide d'un équipement TFC est dépendant de la teneur en lipides du mélange extrudé. En effet, les lipides jouent un rôle de lubrifiant à l'intérieur de l'extrudeur, diminuant ainsi le cisaillement et l'échauffement du produit. Ainsi, l'extrusion du mélange à 11,2% de lipides ne permet pas de conférer au produit les propriétés requises pour une farine infantile et il est préférable d'extruder des mélanges ayant des teneurs en lipides plus faibles et d'ajuster ensuite la teneur en lipides et en protéines des mélanges par addition de farine de soja torréfié après extrusion.

L'intensité du traitement de cuisson-extrusion TFC sur la réduction de l'activité antitrypsique des mélanges est également fortement dépendante de la composition du mélange et des conditions d'extrusion. En comparant les taux de gélatinisation de l'amidon et les taux de réduction de l'activité antitrypsique (AAT) de mélanges extrudés ayant différentes teneurs en lipides et différentes humidités initiales, nous avons mis en évidence une relation entre ces deux paramètres, qui traduisent tous deux, l'intensité thermique, et par conséquent l'efficacité du traitement (figure 4).

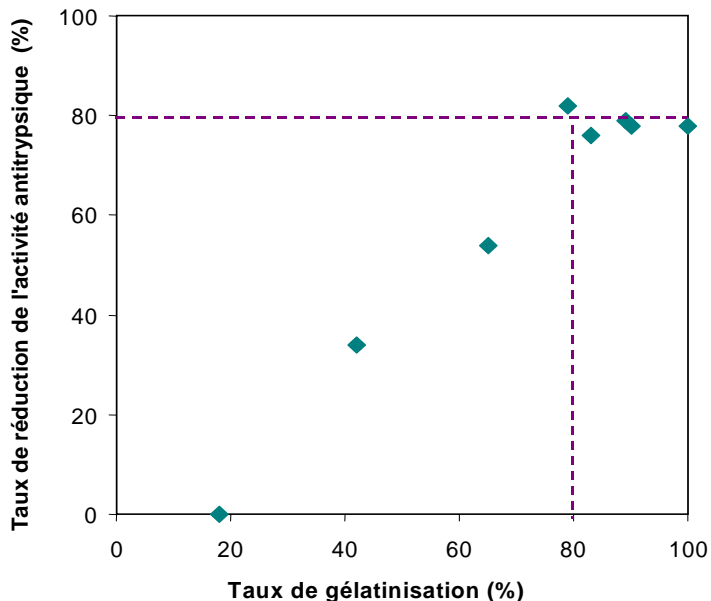


Figure 4: Relation entre le taux de gélatinisation et le taux de réduction de l'activité antitrypsique dans les mélanges contenant du soja avant et après extrusion.

Le taux de réduction de l'AAT augmente avec le taux de gélatinisation de l'amidon jusqu'à atteindre un maximum d'environ 80%. Les teneurs en eau ou en lipides

initiales élevées entraînent une diminution de la température à l'intérieur du cuiseur-extrudeur TFC et donc une moindre performance du procédé. Les conditions optimales de traitement à déterminer sont les conditions minimales permettant d'obtenir une gélatinisation totale (100%), une réduction de l'AAT maximale (environ 80%). Un traitement plus sévère, sans effet bénéfique sur la gélatinisation ni sur l'AAT, risquerait d'engendrer des effets néfastes sur la valeur nutritionnelle tels que l'indisponibilisation de la lysine, dus à des réactions de Maillard trop poussées.

Ces résultats montrent néanmoins que dans les conditions appropriées, le traitement à l'aide du cuiseur-extrudeur TFC permet d'obtenir des produits ayant les qualités requises (précuisson, dextrinisation de l'amidon et diminution de l'AAT) pour la préparation de farines infantiles de bonnes qualités nutritionnelles.

INTÉRÊTS ET CONTRAINTES DE LA MISE EN ŒUVRE DE CUISEURS-EXTRUDEURS TRÈS FAIBLE COÛT DANS LE CONTEXTE BURKINABÈ

Une étude récente du marché des farines infantiles commercialisées dans les principales villes Burkina Faso (résultats non publiés) montre que l'offre est majoritairement constituée de farines infantiles importées fabriquées par de grands groupes agro-alimentaires tels que Danone, Nestlé ou Numico (Nutricia). Cependant ces farines sont excessivement chères (entre 3500 et 8000 Fcfa/kg) et hors de portée de la majorité des ménages burkinabè. Les farines infantiles de fabrication locale ne représentent qu'une faible part de l'offre et seuls 6 producteurs de type PME ou groupements communautaires ont pu être identifiés. Les principaux aliments de complément donnés aux jeunes enfants restent de simples bouillies de céréales, fermentées ou non, très pauvres sur le plan nutritionnel.

Le premier intérêt de la mise en œuvre de cuiseurs-extrudeurs TFC au Burkina Faso serait de permettre la production de farines infantiles attractives à bas prix, accessibles à une large frange de la population ayant de faibles revenus. Un autre atout essentiel pour la réussite d'un projet de production de farines infantiles à l'aide de cuiseurs-extrudeurs TFC est leur faible capacité de production, adaptée au contexte burkinabè, où les approvisionnements en matières premières restent incertains, où les réseaux de distribution sont peu structurés et restreints à de courtes distances et où le marché doit être créé car peu de gens sont encore conscients de la nécessité de donner aux jeunes enfants des aliments de complément formulés spécifiquement. La petite capacité des équipements de production permet ainsi d'envisager la mise en place de plusieurs unités dans les principales villes du pays, afin de situer la production au plus près de la demande et de réduire les délais de distribution.

Ces farines présenteraient en outre les nombreux avantages liés au procédé de cuisson-extrusion:

- excellente qualité bactériologique grâce aux températures élevées mises en œuvre;
- destruction des insectes et parasites ainsi que de leurs œufs sous l'effet combiné des hautes températures et du cisaillement intense du produit dans le fourreau; cet avantage, s'il se vérifie avec les cuiseurs-extrudeurs TFC, serait considérable, car le développement de larves et d'insectes au cours du stockage est un problème récurrent pour tous les produits céréaliers au Burkina et conduit à des dépréciations rapides et importantes de l'aspect et des qualités organoleptiques des produits;
- meilleure qualité nutritionnelle (i) grâce à la destruction des facteurs antitrypsiques présents dans les graines de légumineuses ou de soja, susceptibles de compléter

de façon adéquate les apports en acides aminés des céréales, (ii) grâce à la dextrinisation partielle de l'amidon qui permet de préparer des bouillies de haute densité énergétique;

- meilleure digestibilité due à la gélatinisation de l'amidon et à une solubilisation partielle des fibres;
- meilleure qualité organoleptique du fait de la formation de composés aromatiques due aux réactions de Maillard se produisant au cours du procédé.

Toutefois, deux contraintes importantes doivent être prises en compte. D'une part, l'alimentation en électricité au Burkina Faso est peu fiable même dans les principaux centres urbains où l'on observe de fréquentes coupures. Or, lors d'une coupure même très brève, l'arrêt de la vis à l'intérieur du fourreau brûle le produit ce qui entraîne l'arrêt de la production et l'ouverture de la machine pour le nettoyage. La mise en place d'un système de régulation de l'alimentation électrique (onduleur, groupe électrogène) doit donc être envisagée. D'autre part, en raison de la mauvaise qualité sanitaire de l'eau de consommation utilisée par les ménages, il n'est pas recommandé de mettre sur le marché des farines infantiles instantanées. La production devrait alors se tourner vers des farines «à cuisson rapide» qui permettrait la préparation de bouillies après seulement 2 à 3 minutes d'ébullition. Cette courte durée d'ébullition devrait être suffisante pour assurer de bonnes qualités hygiéniques à la bouillie et devrait constituer un gain de temps pour les mères par rapport à la préparation des farines à cuire traditionnelles qui nécessitent une cuisson plus longue. De plus, pour la plupart des produits extrudés (voir le cas du riz, figure 3), la préparation par cuisson entraîne une fluidification secondaire des bouillies, ce qui permet à viscosité apparente égale, d'augmenter encore la concentration donc la densité énergétique à laquelle la bouillie peut être préparée.

Enfin, le transfert de la cuisson-extrusion TFC au contexte du Burkina Faso nécessite encore un travail important de recherche-développement pour déterminer les conditions optimales d'extrusion de mélanges de matières premières locales (mil, maïs pour les produits amylacés et niébé, arachide, sésame ou soja pour les produits riches en protéines et/ou en lipides) ainsi qu'une étude des possibilités de maintenance et de construction locale du cuiseur-extrudeur TFC ou tout au moins des principales pièces d'usure que sont la vis et le fourreau.

CONCLUSION

Dans le cadre du projet Fasevie, trois petites entreprises de production de farine infantile par cuisson-extrusion TFC ont été mises en place et commercialisent actuellement des produits de bonne qualité et très bon marché au Vietnam.

Le transfert du procédé au Burkina Faso semble prometteur en raison notamment de la petite capacité de production et du faible prix du cuiseur-extrudeur TFC, bien adaptés aux caractéristiques du contexte burkinabè. Toutefois, un travail préalable de mise au point des conditions d'extrusion sur des mélanges de matières premières produites localement et de recherche des possibilités de maintenance et construction locales doit être réalisé.

RÉFÉRENCES

1. Harper J, Jansen G. Production of nutritious precooked foods in developing countries by low-cost extrusion technology. *Food Rev Int* 1985;1:27-97.

2. Björck I, Asp N. The effects of extrusion cooking on nutritional value - A literature review. *J Food Eng* 1983;2:281-308.
3. Camire M, Camire A, Krumhar K. Chemical and nutritional changes in foods during extrusion. *Crit Rev Food Sci Nutr* 1990;29:35-56.
4. Monvois C, Trèche S. Quelles stratégies pour l'amélioration de l'alimentation des jeunes enfants en Afrique ? Leçons tirées de projets menés à Madagascar et au Vietnam. Communication orale présentée au 2^{ème} Atelier International «Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles en Afrique de l'Ouest: Le rôle des technologues alimentaires et des nutritionnistes». Ouagadougou : Univ. Ouagadougou / Univ. Wageningen / IRD / FAO, 23-28 novembre 2003.
5. Mouquet C, Salvignol B, van Hoan N, Monvois J, Trèche S. Ability of a "very low-cost extruder" to produce instant infant flours at a small scale in Vietnam. *Food Chem* 2003;82:249-55.
6. Souci S, Fachman W, Kraut H. Food composition and nutrition tables. London: Medpharm Scientific Publisher & CRC Press, 2000.
7. Mouquet C, Trèche S. Viscosity of gruels for infants: a comparison of measurement procedures. *Int J Food Sci Nut* 2001;52:389-400.
8. Batey IL. Starch analysis using thermostable α -amylase. *Starch* 1982;4:125-8.
9. Chiang CJ, Johnson JA. Measurement of total and gelatinized starch by glucoamylase and o-toluidine reagent. *Cereal Chem* 1977;54:429-35.
10. Kakade ML, Rackis JJ, MacGhee JE, Puski G. Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: a collaborative analysis of an improved procedure. *Cereal Chem* 1974;51:376-82.
11. Smith C, van Megen W, Twaalfhoven L, Hitchcock C. The determination of trypsin inhibitor levels in foodstuffs. *J Sci Food Agric* 1980;31:341-50.