

## ORIGINAL ARTICLE



# HYDROLYSE DE L'AMIDON DES FRUITS DE PAIN PAR LES BACTERIES *Lactobacillus Plantarum A6* POUR LA PRODUCTION DE SIROP DE GLULUCOSE

HYDROLYSE OF STARCH FROM BREAD FRUITS BY *Lactobacillus Plantarum A6* BACTERIA  
FOR THE PRODUCTION OF GLULUCOSE SIROP

**| Bisoa Victor<sup>1\*</sup> | Zafilaza Armand<sup>2</sup> | Lehimenia Clément<sup>3</sup> | and | Jaofara<sup>3</sup> |**

<sup>1</sup>. Université d'Antananarivo | laboratoire bio technologie-Microbiologie du département de Biochimie fondamentale et appliquer | BP : 101 Antananarivo Madagascar |

<sup>2</sup>. Université d'Antsiranana | Faculté des Sciences-Laboratoire de Chimie | BP 0 Antsiranana 201 Madagascar |

<sup>3</sup>. Centre Hospitalier universitaire d'Antsiranana | Laboratoire du CHU PKA | Antsiranana Madagascar |

---

| Received April 02, 2021 |      | Accepted April 07, 2021 |      | Published April 23, 2021 |      | ID Article | Victor-Ref1-ajira020421 |

---

## RESUME

**Contexte :** La biotechnologie existe depuis millénaire, à partir du moment où les gens se mirent à faire du vin, à brasser la bière, à faire du fromage ou à préparer du vin. Le principe utilisé c'est de transformer les substrats (matière première) en produit dérivé. Comme l'amidon est un produit très abondant quant aux végétaux, j'ai choisi l'étude de l'amidon comme substrats pour transformer en sirop de glucose. Et à l'époque très longtemps, l'hydrolyse, acide était employé par les industriels à part des fabrications artisanales ; pour ma part, j'ai choisi l'hydrolyse enzymatique et l'enzyme employé provient au niveau de la racine de manioc, libéré par des microorganismes, *lactobacillus plantarum A6* qui est une enzyme amylolytique qui coupe les liaisons glucidique de l'amidon. **Objectif :** Notre objectif est de faire développer l'enzyme amylolytique dans la racine de manioc capable de transformer (hydrolyser ou fermenter) l'amidon contenu dans les végétaux en sirop de glucose. **Méthode :** La farine du fruit à pain est considérée comme substrat et on mélange à l'eau et faire bouillir pour obtenir l'emploi d'amidon. Après on mélange avec la souche bactérienne lactique amylolytique isolé à partir de racine de manioc. La réaction va se dérouler à température 55°C, et a pH voulu. Le test à Lugol et test à Liqueur de Fehling vont effectuer pour regarder la fiabilité de l'hydrolyse proprement. **Résultats :** Les bactéries lactiques amylolytique se développent dans la racine de manioc qui est un facteur de l'hydrolyse de l'amidon de fruit à pain. On constate aussi une diminution du pH dans la fermentation du manioc parce qu'il y a la production de l'acide lactique. Le test à Lugol positif va nous conclure qu'il y a la présence de l'amidon dans le substrat d'origine qui est le fruit à pain. Le test à Liqueur de Fehling positif est dû à la présence d'une sucre réducteur dans le produit d'hydrolyse. **Conclusion :** La fermentation lactique des suspensions gélatinisées de fruit à pain par *lactobacillus plantarum A6* est réalisable. Cette fermentation lactique amylolytique pourrait s'appliquer à d'autres produits amylacés comme l'Ignane, etc. La fermentation lactique de plantes amylacées tel que le fruit à pain s'avère être un procédé très prometteur afin de développer de nouveaux produits fermentés de meilleur valeur ajoutée, pouvant être fabriqués à faible coût. Nos travaux peuvent constituer un point de départ pour approfondir ce sujet.

**Mots clés :** Sirop de glucose, *Lactobacillus plantarum A6*, Fermentation lactique.

## ABSTRACT

**Background:** Biotechnology has been around for thousands of years, since people started to make wine, brew beer, make cheese or prepare wine. The principle used is to transform substrates (raw material) into a by-product. As starch is a very abundant product as for plants, I chose the study of starch as substrates to transform into glucose syrup. And at the time very long, the hydrolysis, acid was used by the industrialists apart from artisanal fabrications; for my part, I chose the enzymatic hydrolysis and the enzyme used comes at the level of the root of manioc, released by microorganisms, *lactobacillus plantarum A6* which is an amylolytic enzyme which cuts the bonds glucidic of the starch. **Objective:** Our objective is to develop the amylolytic enzyme in the cassava root capable of transforming (hydrolyzing or fermenting) the starch contained in the plants into glucose syrup. **Method:** The breadfruit flour is considered as substrate and is mixed with water and boiled to obtain the starch use. Then we mix with the amylolytic lactic bacterial strain isolated from cassava root. The reaction will take place at a temperature of 55°C, and at the desired pH. The Lugol's test and Fehling's liquor test will be performed to check the reliability of the hydrolysis itself. **Results:** The amylolytic lactic acid bacteria grow in the cassava root which is a factor in the hydrolysis of breadfruit starch. There is also a decrease in pH in the cassava fermentation because of the production of lactic acid. The positive Lugol's test will conclude that there is the presence of starch in the original substrate which is the breadfruit. The positive Fehling's Liquor test is due to the presence of a reducing sugar in the hydrolysis product. **Conclusion:** Lactic acid fermentation of breadfruit gelatinized suspensions by *Lactobacillus plantarum A6* is feasible. This amylolytic lactic acid fermentation could be applied to other starchy products such as yam, etc. Lactic acid fermentation of starchy plants such as breadfruit is a very promising process to develop new fermented products with better added value, which can be manufactured at low cost. Our work can be a starting point for further research on this topic.

**Key words:** Glucose syrup, *Lactobacillus plantarum A6*, Lactic fermentation.

## 1. INTRODUCTION

L'agriculture Malagasy est depuis longtemps dominée par la filière de riz. Cependant depuis les années 2010 le prix du riz continu à augmenter, cet aspect est confronté à une très forte crise économique, ce qui permet d'envisager un projet de transformations des produits végétaux amylacés en produit fini et bénéfique par la population. La

biotechnologie existe depuis millénaire, à partir du moment où les gens se mirent à faire du vin, à brasser de la bière, à faire du fromage ou à préparer du pain. Le principe de toutes ces activités est le même. Les microorganismes transforment les substrats (raisins, orge, lait, blé, etc.) en produits dérivé (vin, bière, fromage, pain) [1, 2, 3, 4]. Le sirop de glucose a été l'une des produits biotechniques mis sur le marché.

Le sucre est entré en compétition avec plus de 20 autres substances dont l'une de plus important est le sirop de maïs à haute teneur en fructose (HFCS). Ce produit a remplacé le sucre sur 2 des marchés d'exploitation les plus importants : Etats-Unis et Japon [5]. Toutefois, ces produits sont le plus souvent commercialisées sous forme brute, et ne bénéficient pas d'un impact économique ajouté très important. La transformation de ces aliments traditionnels, par la fermentation lactique en particulier, permettrait d'accroître la valeur ajoutée de ces aliments et ainsi de leur donner un intérêt économique non négligeable. La fermentation lactique est l'une des biotechnologies les mieux connues et maîtrisées par l'homme (fromage, yaourts, et autres). La fermentation lactique amylolytique apporte en complément une amélioration de la digestibilité et de la disponibilité des sucres (et donc de l'amidon). En effet, les grains de l'amidon sont très difficilement dégradé par l' $\alpha$ -amylase humaine qui n'est pas synthétisé par les enfants de moins de 12 mois ; or les bactéries lactiques amylolitiques sont capables de synthétiser une l' $\alpha$ -amylase apte à dégrader des amidons d'origine botaniques différentes. Toutefois, selon l'écosystème d'origine, les bactéries possèdent des affinités différentes en fonction des sources d'amidon. Cette fermentation lactique amylolytique permet également d'augmenter la densité énergétique et nutritionnelle de bouillies amylacées en réduisant la viscosité de celles-ci par hydrolyse de l'amidon en composés plus simples comme le glucose, le fructose, le saccharose, maltose et les dextrines.

A partir de ces constatations, il apparaît que le développement de nouveaux produits par fermentation lactique amylolytique serait possible en utilisant une plante amylacée plus existante à Madagascar. Parmi les plantes utile pour ce sujet, le fruit de l'arbre à pain apparaît comme celle ayant le plus grand potentiel d'un point de vue économique. Dans le cas de fruit à pain, aucune exploitation à grande échelle n'existe, ce travail pourrait encourager à développer cette filière en tant que filière diversification. Toutefois, les données concernant la possibilité de réaliser des fermentations lactiques en l'utilisant comme substrat est très limité même inexistant à notre connaissance à ce jour. L'objectif de ce travail a été basé sur l'obtention de sirop de glucose par l'hydrolyse enzymatique de l'amidon de fruit à pain et de démontrer que la souche Lb. PlantarumA6 de BLA peut être utilisée pour la mise au point de nouveaux aliments fermentés disposant d'une valeur ajoutée à partir du fruit à pain. Pour cela, ce travail se base principièrement par la production de suspension gélatinisée (SG) de la farine artocarpus altilis à partir de fruit à pain frais. Ensuite une procédure de développement de *lactobacillus Plantarum* A6 dans les racines de manioc sera réalisée et finalement une hydrolyse enzymatique de la SG par la souche A6 s'effectuera pour obtenir le sirop de glucose.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Matière premières et souches des bactéries lactiques amylolitiques

Le fruit à pain (*Artocarpus altilis*) a été acheté au marché et amené au laboratoire. Il subissait les traitements suivant : Lavage, épluchage, séchage, broyage et tamisage .

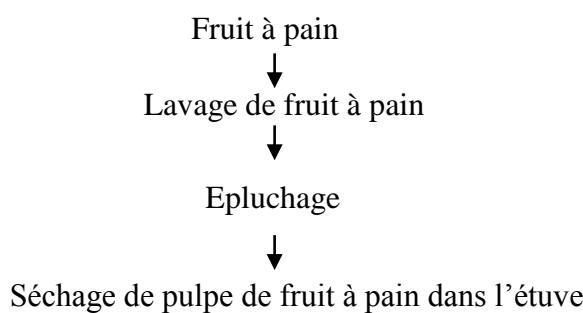
Le fruit pesant 1.200kg a été lavé, enlevé les papins et écorces. Sa pulpe renfermant 90% du fruit est séchée dans l'étuve pendant 24h, elle a été ensuite broyée et tamisée à un tamis pour obtenir des granules fins (farine de fruit à pain) qui était utilisée pour la bouillie.

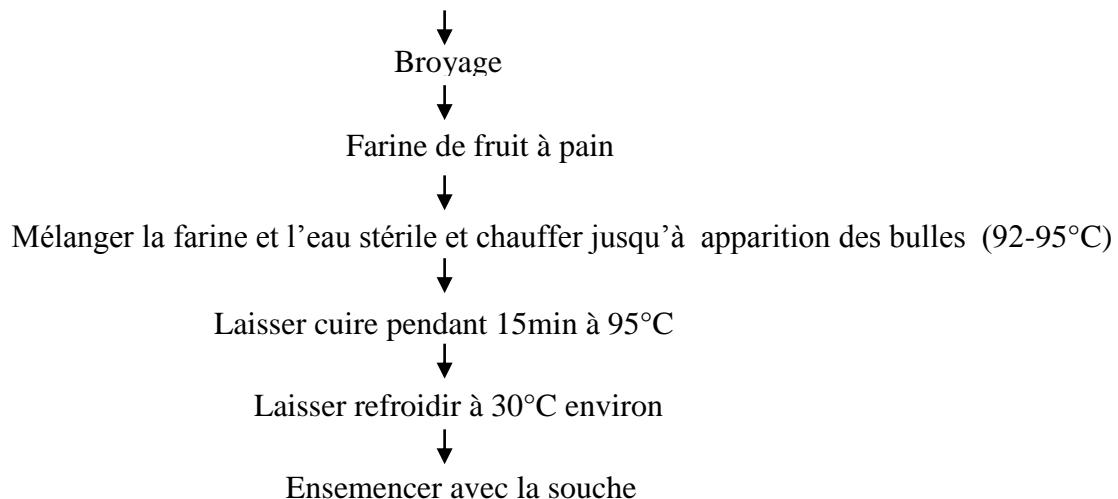
#### **Préparation des bouillies**

La farine et l'eau déminéralisé sont préparées comme précédemment. Pour la gélatinisation, après mélange de l'eau de l'eau stérile et de la farine, la suspension est mise à cuire sur une plaque chauffante réglée jusqu'à une température de 95°C. Cette température de cuisson est maintenue pendant 15min, puis la bouillie (200 ml) est placée dans des flacons de 250ml. Avant ensemencement avec la souche des bactéries lactiques, la bouillie est refroidie à environ 30°C afin de limiter la mort cellulaire due à une chaleur excessive.

La gélification est nécessaire pour éclater les grains d'amidon [6, 7].

#### **2.1.1. Organigramme de préparation de la bouillie**





**2.1.2. Souches de bactéries lactiques amylolytiques utilisées :** Au cours de ce travail, seules les souches *Lactobacillus plantarum* A6 a été utilisées hétérofermentaires facultatives.

**2.1.3. *Lactobacillus plantarum* A6 :** La souche *Lactobacillus plantarum* A6 a été isolée à partir du manioc roui (Giraud et al. 1991). Cette bactérie synthétise une  $\alpha$ -amylase extracellulaire dont le PH optimal est de 5,5 et la température optimale de 55°C. Cette enzyme est capable de dégrader l'amidon cru en glucose, maltose et dextrines. La fermentation produit environ 32% d'acide lactique. La souche *Lactobacillus plantarum* A6, à l'instar des autres souches de l'espèce est acido tolérante.

**2.1.4. Isolement et identification des souches :** Les racines épluchées sont immergées dans de l'eau de pluie. Le prélèvement s'effectue après 4jours par tirage de 6 échantillons qui sont découpées en petit dés de 0,5 cm puis mélangés dans des conditions stériles 60 g sont prélevés et dilués dans 540 ml d'eau distillée 2ml de la dilution et 2ml souche pure ont été mélangés avec la bouillie. Après incubation pendant 48h à 30°C. L'identification des microorganismes repose sur les examens.

**2.1.4. Conditions de réalisation des fermentations :** Les souches de *Lactobacillus Plantarum* A6 a été conservée dans 5ml de bouillon de fruit à pain placé au congélateur. Lorsqu'elles sont ensemencées sur deux flacons dont l'un contient une souche pure et l'autre contient une souche mélangée de l'eau distille, les BLA sont conservées à 4°C pendant une semaine après réalisation de l'hydrolyse.

**2.1.5. Hydrolyse de la farine gélifiée :** Une quantité de 2ml de chacun des échantillons a été versée dans un erlenmeyer contenant 100ml de gel de farine, l'ensemble a été ajusté à 150ml par l'eau distillée. Les réactions enzymatiques ont été laissées se dérouler en incubant la préparation dans un bain marie. On obtient ainsi l'hydrolysat. L'hydrolysat, c'est un produit d'hydrolyse, on peut faire l'ensemencement avec la levure de bière si on veut lancer la fermentation alcoolique ou bien on pourra concentrer avec l'élimination de l'eau par évaporation si on veut stocker le sirop de glucose parce que le sirop de glucose est facilement contaminer par les microorganismes [8,9].

## 2.2. Méthodes d'analyse

### 2.2.1. Test d'identification de l'amidon

**2.2.1.1. Principe :** Mettre en évidence l'évolution de l'hydrolyse chimique de l'amidon de fruit à pain contenu dans la bouillie gélifiée et d'effectuer le test sur la diode pour visualiser l'hydrolyse de l'amidon.

### 2.2.1.2. Matériels et Réactifs

- Tube à essai,
- Bain marie,
- Pipette, micropipette, papier pH
- Chrono.
- $H_2SO_4$  concentré
- Eau distillée
- Lugol.

### 2.2.1. 3. Mode opératoire

A partir de bouilli, on a introduit 1ml de la farine bâtonnée successivement dans 4 tubes à essai et un 5<sup>e</sup> tube contenait de l'eau distillée, puis 5ml de  $H_2SO_4$  concentré dans chacun de ces 5 tubes. Tous les tubes ont été placés dans le bain marie, toutes les 2min un tube a été retiré au bain marie. Chaque tube retiré a été ensuite refroidi sous un filet d'eau du robinet, puis le test d'eau iodée a été réalisé en versant quelques gouttes de lugol dans le tube.

## 2.2.2. Test d'identification de glucose

### 2.2.2.1. Matériaux et réactif

- Tubes à essai, pipette propipette, papier pH, bain marie,
- Liqueur de fehling,
- L'hydrolysat de la fermentation,
- Une solution de 1% de saccharose.

**2.2.2.2. Mode opératoire :** 4 tubes ont été préparés, 1ml de liqueur de fehling a été versé dans chacun tube. Une quantité de 1ml d'hydrolysat a été introduite dans les deux premiers tubes, le ferment de la souche pure dans le tube n°1 et le ferment de la souche qui était mélangée avec l'eau distillée dans le tube n°2. Le tube n°3 contenait 1ml d'une solution de saccharose et 1ml d'eau distillée a été introduit dans le tube n°4. Après agitation tous les tubes ont été introduits dans le bain marie pendant 3min. Les observations ont été notées.

## 3. RESULTAT ET DISCUSSION

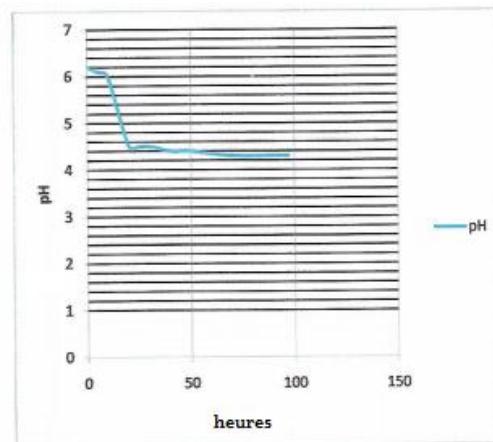
### 3.1. Recherche de bactéries lactiques amylolytique

Plusieurs considérations nous ont amenés à penser que le choix d'une bactérie lactique capable de dégrader l'amidon était primordial.

- Les racines de manioc sont constituées de plus de 80% d'amidon, l'amidon représente ainsi la principale source de carbone disponible.
- L'hydrolyse de l'amidon doit fournir aux microorganismes des sucres facilement métabolisables en acide lactique, ce qui devrait permettre d'augmenter la teneur en cette acide dans la pulpe de manioc fermentée ;
- Une bactérie amylolytique devrait s'imposer plus facilement sur la microflore non amylolytique.

#### 3.1.1. Evolution du pH, de l'acide organique et de la flore lactique.

Nous constatons une diminution rapide du pH dès le premier jour d'hydrolyse de l'amidon. Le pH chute de 6,2 à 4,3 dans la fermentation naturelle du manioc. Cette variation du pH est corrélée avec la production d'acide lactique qui est le principal métabolite formé. Ceci confirme que la flore lactique est la microflore fermentaire prédominante, elle atteint dans ce cas un maximum de  $5 \cdot 10^9$  cfu/g de MS après 24h.



**Figure 1 :** Evolution de pH et durant la fermentation de manioc

### 3.2. Identification de glucose dans l'hydrolyse

**3.2.1. Hydrolyse acide :** Lors de l'hydrolyse acide de l'amidon de fruit à pain par l'acide  $H_2SO_4$ , après mélange de quelques gouttes de lugol, une disparition de la couleur bleue de la liqueur de fehling est observée au fur et à mesure que la durée du tube est prolongée. Par contre, celle qui contient l'eau distillée garde la couleur bleue de la liqueur. Cette évolution de la couleur montre que les liaisons des glucoses sont rompues au cours du séjour de tube dans le bain marie ceci indique la transformation de l'amidon en glucose. En effet, la couleur brune du 4<sup>ème</sup> tube indique que tous les glucoses sont libres donc hydrolyse est complète.

**Tableau 1 :** Le tableau montre la procédure du test de l'hydrolyse chimie.

Tube n°	1	2	3	4	5
Eau distillée (mL)					1
Bouillie (mL)	1	1	1	1	1
$H_2SO_4$ (mL)	5	5	5	5	5
Lugol (gouttes)	3	3	3	3	3
couleur	Bleu foncé	Bleu foncé	Bleu foncé	Brun	Bleu

**3.2.2. Hydrolyse enzymatique :** Une durée de trois min des tubes dans le bain marie les tubes changent leurs couleurs.

- Tubes n°1 et n°2 sont virés du bleu en rouge brique
- Tubes n°3 et n°4 gardent la couleur bleu de la liqueur da Fehling

**Tableau 2 : Test de Liqueur de Fehling sur le glucose**

Tubes n°	1	2	3	4
Eau distillée (mL)				1
Saccharose (mL)			1	
Hydrolysat (mL)	1	1		
Liqueur de Fehling (mL)	2	2	2	2
Couleur	Rouge brique	Rouge brique	Bleu	Bleu
Test à la Liqueur de Fehling	+	+	-	-

**3.2.2.1. Interprétation :** La couleur bleu est dominant dans les tubes 3 et 4. Par contre, durant 3min dans le bain marie les tubes 1 et 2 le bleu de la Liqueur est changé à rouge brique ceci explique la présence du sucre réducteur dans ces tubes. Il est donc affirmatif que les résultats attendu est obtenu.

**3.2.2.2. Comparaison :** Au cours du test de l'amidon, le glucose a été modifié. Ce modification n'est d'autre que la transformation de l'amidon en glucose, alors l'hydrolyse acide est réalisé sur l'amidon gélifié se fruit à pain. Donc le résultat du 1<sup>er</sup> est identique à celui du 2<sup>em</sup> test. C'est test conduisant à la présence du glucose.

### 3.3. Dosage es sucres

Avant fermentation, les concentrations en glucose et fructose sont équivalente pour le fruit à pain. Le saccharose est présent en quantité faible dans la farine de fruit à pain. Pendant la fermentation de fruit à pain par Lb plantarum A6, on observe une production de glucose et de fructose dans la bouillie à valeur élevée de matière sèche, alors qui a faible valeur de matière sèche. Cependant, les variations en oses, dont les concentrations initial sont très faible sont minimes et généralement non significatives. Lors de la fermentation par Lb plantasum A6, une production de maltose est observée.

Lb plantarum A6 a montré une aptitude à se développer dans le bouillie de fruit à pain. Les valeurs de pH observées lors de la fermentation de suspension non gélatinisées de farines de fruit à pain par Lb plantarum similaires à celles obtenues avec les suspensions gélatinisées avant fermentation, c'est-à-dire inférieur ou égale 4,5 qui est une valeur limite le développement de bactéries pathogène. Les acidifications de la bouillie sont principalement dues au lactate de la souche Lb plantarum A6, et à l'acétate qui ne produit pas d'éthanol dans ces conditions. A l'instar de ce qui a été observé avec la suspension gélatinisées avant fermentation, l'absence de consommation apparente de mono et diholoside et la production des métabolites attendus témoignent de l'utilisation d'un autre substrat, en l'occurrence l'amidon. Cette hydrolyse de l'amidon est corroborée par la production de maltodextrines au cours de la fermentation de matière. En effet, alors qu'une diminution de la viscosité et de la consistance sont attendues en raison de l'hydrolyse de l'amidon, il se produit au contraire soit une stagnation soit une augmentation se ces deux paramètres. Une explication possible serait liée à la production d'exopolysaccharide par certaine bactéries lactiques, mais cela reste fort peu probable car il faut en générale des conditions particulières pour l'observer une telle production (forte teneur en saccharose).

Les croissances bactériennes sont identique pour les SG (suspension gélatinisé) quel que soit la matière première et les concentrations bactériennes atteignant d'un niveau élevés. Les valeurs de pH les plus basses ont été obtenues lors de la fermentation de manioc. Dans le cas d'un SG une telle croissance associée à une diminution de pH n'est à première vue pas surprenante en raison de l'accessibilité des enzymes amylolytiques à l'amidon améliorée par la gélatinisation. De point de vue écologie microbienne, il convient de remarquer fort souvent les produits fermentés traditionnels à base d'amylacées, que ce soit des céréales ou des racines et tubercules pour la fermentation les plus courantes, se réalisent à partir des pâtes ou de suspension plus ou moins diluées, et qu'en dépit de ceci les niveaux de croissance atteignent des seuils compris entre 7 et 10 log UFC/mol ou (par g) avec grande diversité microbienne. Le fait d'avoir observé une croissance bactérienne importante sur notre matière première non gélatinisées supporte tout à fait hypothèse que les amidons natifs dans ces matrices, fort souvent limitées en substrats aisément fermentescibles (mono-diholosides), permettent l'élaboration d'un macrobiote constitué d'une grande diversité de bactérie lactique et de levure et qui dépendrait de la capacité de certain microorganismes à mobiliser la fraction amylacée. Conformément à cette hypothèse, il n'est pas non plus surprenant que pour l'ensemble des aliments fermentés amylacés tropicaux étudiés jusqu'à présent, et à chaque fois qu'elles ont été cherchées, des bactéries lactiques amylolitiques soient présent à des taux de l'ordre de 10 à 14% par rapport à la population totale. Par ailleurs, en règle générale, les concentrations en mono et diholosides sont très faibles et il n'est donc pas surprenant que la fraction amidon soit mobilisée ? Il convient d'une part de s'interroger sur les causes qui limitent ou inhibent cette consommation des souches employés sont capables d'utiliser ce substrat et, d'autre part, de s'interroger sur le

mécanisme qui conduit à l'expression du gène codant pour l' $\alpha$ -amylase chez *Lb* chez *plantarum A6*, alors qu'il est connu que la synthèse de cette enzyme par la souche A6 est réprimée à ces concentrations en saccharose. Nous pourrions chercher à imaginer des mécanismes pouvant être moléculaires mais sans entrer dans des hypothèses élaborées, d'une manière plus simple, nous pourrions aussi imaginer une localisation ou une répartition physique non homogène du saccharose au sein de la matrice, permettant à la bactérie, dans certaines zones moins abondantes en ce substrat, de synthétiser son enzyme.

L'hydrolyse de l'amidon est corroborée par l'observation de la production de maltodextrines, pour les SG dont l'accumulation en maltodextrine est généralement importante, alors que pour la souche A6 elle est faible. *Lb plantarum A6* produit majoritairement du maltotriose et de maltotétriose. Cette formation par la souche A6 semble être un caractère propre à son  $\alpha$ -amylase quelle que soit la matière première et a été précédemment rapportée pour des fermentations de mélange de mil avec l'arachide ou du soja.

Quant à la formation de produit de fermentation, la souche A6 elle est conforme à ce qui était attendu pour une souche dont le métabolisme est de type homolactique en présence des substrats disponibles. Cependant, étant donné que nous observons un quasi absence ou une très faible consommation d'un fructose et de saccharose libres dans la suspension, on peut s'interroger sur d'autre sources, et se pose ainsi la question de l'utilisation d'autre composés qui pourraient contenir cette molécule, comme de fructo-oligosaccharides, piste qui demanderait à être explorée. Hormis cette interrogation, la production conjointe d'acides lactique et acétique confère potentiellement aux produits un bénéfice en termes de préservation les microorganismes pathogènes, sachant l'effet synergétique de ces deux composés sur l'inhibition à pH inférieur ou égale à 4.5 de bactéries pathogènes. La production de mannitol, agent édulcorant naturel, est un avantage additionnel qui pourrait vraisemblablement être favorisé par l'ajout de fructose au milieu.

Pour résumer l'ensemble de ces résultats, ces observations montrent que la matière première peut être fermentée via l'hypothèse de l'amidon. Une augmentation de l'écoulement est observé tous les SG à faible teneur en matière sèche après fermentation par les souches A6, la consistance des produit étant proche de celle d'un yaourt brassé. Les résultats de digestibilité indiquent que la fermentation de SG du fruit à pain par la souche A6 pourrait servir de base pour la mise au point nouvel aliment fermentés aux propriétés prébiotiques en raison de l'accroissement de la teneur en amidon résistant à l'issu de la fermentations. Toutefois, les mesures de digestibilité SG fermentées seraient intéressantes de manière à mieux comprendre l'incidence de la fermentation sur les importes de l'amidon de fruit à pain quand celle-ci est attaqué sous sa forme native. Toutes les données recueillies au cours de ce travail montrent que l'utilisation de la fermentation lactique de farine de fruit à pain afin d'élaborer de nouveaux produits fermentés est possibles. La souche employée se distingue essentiellement par son métabolite et cela ne serait pas sans incidence sur les caractéristiques sensorielles des produits. Le choix se déterminera essentiellement en fonction de la matière première et des caractéristiques finales recherchées. Par exemple la SG permettée de fruit à pain présentera une consistance plus fluide (à faible teneur en matière sèche) que d'autre suspension. Il restera aussi à définir la « typologie » du consommateur que ce produit pourraient prétendre atteindre, soit des populations présentant des besoins nutritionnels particulières (par exemple personnes âgées, lacto-intolérants, etc...), soit des usages plus large : boisson fermentée agréable au goût pur, par exemple le goûter des enfants, à condition que les dangers potentiels présentés par ce genre de produit soient bien évalués en terme d'apport énergétique pour des populations qui pourraient s'offrir de déséquilibre nutritionnels ou des syndromes particuliers (diabète, obésité, etc).

Outre ces aspects, nous avons conscience que de nombreux travaux restent à réaliser. Tout d'abord des études sensorielles sur l'acceptabilité de ces produits fermentés par la population locale seraient intéressante, en particulier sur le type de produit préférés (boisson, yaourt-like...) et l'acceptabilité sensorielle. Un élargissement général à la population métropolitaine serait également à rechercher, afin d'augmenter les débouchés possibles.

Une étude de la survie bactérienne au cours de la digestion, ainsi que d'une éventuelle implantation au sein de microbiote intestinal, serait intéressante. L'utilisation d'un appareil digestif humain artificiel pourrait être envisagé afin d'étudier le devenir des amidons résistants après fermentation des SG. La farine de fruit à pain étant pauvre en protéines et en lipides, un ajout de ces éléments, ainsi d'une fortification en vitamines et sels minéraux seraient envisageable, de même que l'ajout d'arômes. Une autre étude qui pourrait être intéressante à réaliser serait la fermentation des différentes matières premières par la souche associée, la capacité de *Lb plantarum A6* à modifier les propriétés rhéologiques pouvant être très intéressantes (en plus de productions d'acide acétique et l'acide lactique). En complément, il est possible d'envisager une fermentation d'une combinaison de différentes types d'amylacées (banane + fruit à pain, par exemple) avec une des deux souches (*Lb Plantarum* et *Lb fermentum*).

#### **4. CONCLUSION**

La fermentation lactique des suspensions gélatinisées de fruit à pain par *Lactobacillus plantarum A6* est réalisable. Toutefois, les fermentations des suspensions gélatinisées semblent plus prometteuses dans l'optique de développer de nouveaux produits fermentés avec des propriétés prébiotiques, en particulier dans le cas de fruit à pain. La capacité de la souche A6 a modifié les propriétés rhéologiques des suspensions gélatinisées en les rendant «buvables» est intéressante dans l'optique de la mise au point de produit fermentés buvables.

La farine de fruit à pain étant pauvre en protéines et en lipides, il serait envisageable d'enrichir les suspensions gélatinisées avec des compléments, en début ou en fin de fermentation. Dans le cas d'un ajout en début de fermentation, il serait intéressant d'étudier les différents paramètres rhéologiques et métaboliques observés lors de notre étude, et de les comparer aux résultats présentés ici.

Une étude sensorielle serait à envisager afin de déterminer le niveau d'acceptabilité de ces suspensions gélatinisées, ou des nouveaux produits fermentés qui peuvent en résulter.

Cette fermentation lactique amylolytique pourrait s'appliquer à d'autre amylacées comme l'igname, par exemple. De plus, si nous avons utilisé *Lb plantarum A6*, il serait pertinent de comparer nos résultats à ceux que l'on obtiendrait avec une souche comme *Lb manihovorans*. Une fermentation par combinaison de différentes souches de bactéries lactiques amylolytiques pourra être envisagée, ainsi qu'une combinaison avec une souche non amylolitique. La fermentation lactique de plantes amylacées tel que le fruit à pain s'avère être un procédé très prometteur afin de développer de nouveaux produits fermentés de meilleure valeur ajoutée, pouvant être fabriqués à faible coût. Nos travaux peuvent constituer un point de départ pour approfondir ce qui n'en est qu'à ses balbutiements.

## 5. REFERENCES

- [1] André Eck, Jean Claude Gillis. Le fromage, De la science à l'assurance qualité, Tec & Doc, lavoisier. ISBN. 978-2-7430-0891-825/2/2006. Disponible : [www.eyrolles.com/Accueil/Livre/le-fromage-9782743008918](http://www.eyrolles.com/Accueil/Livre/le-fromage-9782743008918)
- [2] Piskur J., Rozpedowska E., Polakova S., Merico A and Compagno C. "How did *Saccharomyces* evolve to become a good brewer?". Trends Genet. 2006 Apr; 22 (4): 183-6. Disponible: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16499989>
- [3] Pascal Ribereau-Gayon, D.Dubourdin, B. Doneche, A. Lenavaud. Traité d'oenologie, Tome 1, Dunod, 9/2012, p. 369-377. Disponible : <https://www.dunod.com/sciences.../traite-d-oenologie-tome-1>
- [4] Eric Mollard, Annie Walter. Agriculture singulières [Archive], IDR edition, 2008 (Fiche 7 : le riz flottant, p 53). Disponible: <http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleinstextes/ed-06-08/010044502.pdf>
- [5] Hobbelink H, -La biotechnologie et agriculture du tiers monde: Espoir ou illusion. –Genève :équilibres, 1988.
- [6] Sayed Anir Bakrani. Modification des propriétés physico-chimiques de l'amidon par procédés hydrothermiques. Contribution à l'étude des transferts couplés chaleurs masse. Université de la Rochelle, 2012. Disponible: <http://tel.archives.ouvertes.fr/tel-00823904>
- [7] Zhong.Z et Sun S. (2005). Thermal characterization and phase behavior of cornstarch studied by differential scanning colorimetry.Journal of food engineering 69(4) : 453-459. DOI : 10.1016/j.jfoodeng.2004.07.023
- [8] Jean-MichelPanoff, Corinne DOREL, Philippe Lejeune, « MICROBIOLOGIE », Encyclopaedia Universalis [en ligne], consulté le 11 août 2017. Disponible : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/microbiologie/>
- [9] Karel Kulp, Klans Lorenz. Handbook of Dough Fermentations, Marchel Dekker Inc, 20 mai 2003 (ISBN 0824742648). Disponible : <http://www.crcpress.com/Hanbook-of-Dough-Fermentations/Kulp-Lorenz/.../97808242645>
- [10] Roger R.Conception d'une cuve de fermentation, étude comparative de la fermentation et de la distillation des cannes à sucre, ananas, et litchi. Thèse, Université d'Antananarivo. 17 Mars 2004. Disponible sur :<http://theses.recherches.gov.mg/pdfs/raherimandimbyresaing 04 pdf>
- [11] StepheneG.Modelisation de la thérmoresistante, de laviabilité et du comportement à la récroissance de *bacillus cereus*, en fonction de la température , du pH et de l'activité aquueuse. Thèse, l'Université de Bretagne occidentale, 2003. P. Disponible: <http://sympreveus.eu/wp-content/uploads/2015/09PhDStephane GAILLARD.pdf>
- [12] Mehdikhani P. , Hovsepyan H . et Bari M. R. , 2011, Sugar beet genotype effect on potential of bioethanol production using *Saccharomyces cerevisiae* fermentation, Afr. J. Biotechnol. , Vol. 10, Issue 20, P. 4100- 4105
- [13] Kasavi C. , Finore I., Lama L., Nicolaus B., Olivier S.G., Oner E.T. et Kirdar B, 2012, Evaluation of industrial *Saccharomyces cerevisiae* strains for ethanol production from biomass, Biomass. , p.1-9



**Cite this article: Bisoa Victor, Zafilaza Armand, Lehimenah Clément, and Jaofara. HYDROLYSE DE L'AMIDON DES FRUITS DE PAIN PAR LES BACTERIES *Lactobacillus Plantarum A6* POUR LA PRODUCTION DE SIROP DE GLULUCOSE. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2021; 12(4): 131-137.**

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>