

Master : 22/02.

République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et la recherche scientifique
Université Abou bakr Belkaid
Faculté des Sciences
Département de biologie moléculaire et cellulaire
Laboratoire de produits naturels



Soutenance de mémoire

Pour l'obtention du diplôme de Master en sciences des aliments

Inscrip. Sup. 04232
Date Insc. 13/12/09
Code: 13/12/09

THEME



Essai d'amélioration de la qualité de sirop de glucose produit à l'annidonnement de Magninia par voie chimique

Présenté par: BELARBI KARIMA
Soutenu le 15/11/2009



Promotrice : Mme BELARBI M Professeur
Examineurs : Mr BELOUT L Chargé de cours
Examineurs : Mr BAGHDAD CH Maitre de conférences

Année universitaire: 2009/2010



REMERCIEMENTS

Avant tout je remercie notre Dieu tout puissant pour m'avoir aidé à réaliser ce modeste travail.

J'exprime d'abord mes profonds remerciements et ma vive reconnaissance à madame Belarbi M. Professeur au département de biologie, faculté des sciences de l'université de Tlemcen, pour avoir accepté de m'encadrer. Que ce mémoire soit l'occasion de lui exprimer ma profonde gratitude.

Mes remerciements s'adresse également à monsieur Belout L. Chargé de cours au département de biologie, faculté des sciences de l'université de Tlemcen, qui ma fait l'honneur de sa présence dans ce jury.

Mes remerciements s'adresse également à monsieur Baghdade CH. Docteur et chargé de cours au département de biologie, faculté des sciences de l'université de Tlemcen, d'avoir accepter d'examiner ce travail.





DEDICACES

Nous dédions cette thèse :

*A mes chers et tendres parents en témoignage de notre
profond respect et la sincère gratitude que je leurs portons, je ne les
remercier jamais assez pour leur soutien, leur dévouement ainsi que pour
le goût du travail qu'ils ont su nous inculquer.*

A mon grand cher amour « mon marie » Bouterfas Ali

A mes frères et sœurs « Fethi, Mohamed, Aissa, Abd el illah,

Nouria 1, Samira, Nouria 2, Liela.

A ma belle mère Benmoussa Fatima

A toute la famille Belarbi, Bouterfas, Rabeh

A Fouzia, Ilhem, Salima, Nacéra, Meriem, Hanane.....



Sommaire

Introduction

Introduction.....	1
-------------------	---

Chapitre I : Généralités sur le maïs

I- Généralités sur le maïs.....	3
I.1- Historique.....	3
I.2- Nomenclature.....	3
I.3- Caractéristiques botaniques.....	4
I.4- La culture.....	4
I.5- Structure du grain de maïs.....	4
I.6- La composition biochimique de maïs.....	6
I.6.1- Composition chimique approchée.....	6
I.6.1.A- Les glucides.....	7
I.6.1.B- Les protéines.....	7
I.6.1.C- Lipides et acides gras.....	8
I.6.1.D- Fibres alimentaires.....	8
I.6.1.E- Sels minéraux.....	8
I.6.1.F- Vitamines.....	9
I.8- Intérêt nutritionnel du maïs.....	9

Chapitre II : Technologie du maïs

II.1- Technologie du maïs.....	10
II.1.1- Le séchage du grain de maïs.....	10
II.1.2- Conséquences du séchage sur la séparabilité.....	10
II.1.3- Transformation du maïs.....	11
II.2- L'amidonnerie humide :.....	11
II.2.1- Les produits de transformation :.....	13
II.2.2- Critères de qualité de la matière première.....	13
II.2.3- Modification physico-chimique et hydrolyse d'amidon.....	15
II.2.3.A- Les produits d'hydrolyse de l'amidon.....	15
II.3- Le sirop de glucose.....	16
II.3.1- Propriétés physique.....	16
II.3.2- Utilisations de sirop de glucose.....	17
II.3.3- Rôles dans l'utilisation.....	17
II.3.4- La production de sirop de glucose.....	17

II. 3.4 .A- L'hydrolyse acide.....	17
II. 3.4 .B- L'hydrolyse enzymatique.....	18
II. 3.4 .C- Les enzymes utilisés pour l'hydrolyse de l'amidon.....	18
II. 3.4.D- Les étapes de la production.....	19

Chapitre III : Matériels et méthodes

III.1-Matériel biologique.....	21
III.1.1- Méthodes et matériels.....	21
III.1.2 - Analyse de la matière première.....	21
III.1.3 - Analyse de sirop de glucose.....	21
III.2- Méthodes d'analyses.....	21
III.2.1- Détermination de taux d'humidité.....	21
III.2.2- Détermination de taux des protéines.....	22
III.2.3- Détermination de pH	23
III.2.4- Détermination de baumé.....	
III.2.5- Détermination de dextrose équivalent (valeur DE).....	23
III.3- Production de sirop de glucose.....	24
III.3.1-Production de sirop de glucose par voie acide.....	24
III.3.1.1- Les étapes de la production	25

Chapitre IV : Résultats et discussions

IV.1-Les analyses de lait d'amidon.....	27
IV.1.1-Détermination de taux d'humidité.....	27
IV.1.2-Détermination de la matière sèche.....	27
IV.1.3-Détermination du pH.....	28
IV.1.4-Détermination de baumé.....	28
IV.1.5-Détermination du taux des protéines.....	28
IV.2-Les analyses de sirop de glucose.....	29
IV.2.1-Détermination du pH.....	29
IV.2.2-Détermination de la matière sèche.....	29
IV.2.3-Détermination de DE.....	29
IV.2.4-Détermination du taux des protéines.....	30
IV.3- Essai d'amélioration de la qualité de sirop de glucose par voie acide.....	30
IV.4- Les analyses des produits finis.....	32
IV.4.1- Les analyses de sirop de glucose de l'amidonnerie.....	32

IV.4.2- Les analyses de sirop de glucose de laboratoire.....	32
IV.4.3- Les analyses de sirop de glucose étrange (Egypte).....	33
IV.5- Conclusion.....	34
Références bibliographiques.....	35

Liste des tableaux

<u>Tableau 1</u> : composition chimique approchée des principales parties du grain.....6 de maïs (%)	6
<u>Tableau 02</u> : composition chimique approchée des différents types de maïs.....7	7
<u>Tableau 03</u> : la teneur en acides aminés du maïs en pourcentage.....7	7
<u>Tableau 4</u> : composition en acides gras des lipides de maïs.....8 (En pourcentage du total d'acide gras)	8
<u>Tableau 5</u> : teneur en fibres alimentaires.....8.	8.
<u>Tableau 6</u> : teneur en vitamines du grain de maïs (mg/ 100g).....9	9
<u>Tableau 7</u> : Le taux d'humidité de lait d'amidon.....27	27
<u>Tableau 8</u> : Le taux de la matière sèche de lait d'amidon.....27	27
<u>Tableau 9</u> : Le pH de lait d'amidon.....28	28
<u>Tableau 10</u> : Le baumé de lait d'amidon.....28	28
<u>Tableau 11</u> : Le taux de protéines dans le lait d'amidon.....28	28
<u>Tableau12</u> : Le pH de sirop de glucose.....29	29
<u>Tableau 13</u> : Le taux de la matière sèche de sirop de glucose.....29	29
<u>Tableau 14</u> : Le DE de sirop de glucose.....29	29
<u>Tableau 15</u> : Le taux de protéines dans le sirop de glucose.....30	30
<u>Tableau 16</u> : Le taux de pH, M.S d'hydrolysats.....30	30
<u>Tableau 17</u> : Le taux de protéines d'hydrolysats avant et après la décoloration..31	31
<u>Tableau 18</u> : Le sirop de glucose de l'amidonnerie.....32	32
<u>Tableau 19</u> : Le sirop de glucose de laboratoire.....32	32
<u>Tableau 20</u> : Le sirop de glucose étranger (Egypte).....33	33

Liste des figures

<u>Figure n° 1</u> : Coupe du grain de maïs.....	5
<u>Figure n° 02</u> : Amidonnerie maïs.....	12
<u>Figure n° 03</u> : Débouchés de l'amidon.....	14
<u>Figure 04</u> : Processus de fabrication des sirops par voie enzymatique.....	20
<u>Figure 05</u> : Processus de fabrication des sirops et hydrolysats d'amidon...	26



x

INTRODUCTION

Introduction :

L'essor de la filière des produits céréaliers intermédiaires a été marqué, au cours de ces 40 dernières années, par de très forts gains de productivité. Toutefois, l'industrie céréalère a eu le souci de satisfaire non seulement quantitativement mais aussi qualitativement les besoins des consommateurs.

Le rôle des industries de première et seconde transformation est déterminant pour la qualité des produits alimentaires manufacturés, par le choix des matières premières et par le choix et le respect des processus de fabrication.

Il convient donc de définir les différentes composantes de la qualité dans lesquelles les acteurs de la filière interviennent.

Les caractéristiques intrinsèques de valeur nutritionnelle et qualité gustative sont un élément clé (MULTON ; 1999).

Les amidonniers prennent en compte de nombreux critères technico-économiques autres que la teneur en amidon. En effet, à chaque matière première correspondent des caractéristiques propres de l'amidon qui déterminent sa valeur en tant qu'agent de texture, c'est ainsi que le maïs est la source la plus largement utilisée dans le monde.

Grâce à sa teneur élevée en amidon qui est le constituant majeur ; le maïs est destiné à une importante industrie « L'AMIDONNERIE » capable de donner par traitement thermique, chimique ou enzymatique toute une gamme de produits alimentaires utilisés dans la quasi-totalité des filières de l'industrie agroalimentaire classés en trois grandes familles : les amidons natifs, les amidons modifiés, et les hydrolysats d'amidon.

La fabrication des maltodextrines et des « sirops de glucose » constitue l'application la plus importante, ces sirops résultent de l'hydrolyse plus ou moins complète d'amidon. (LINDEN G et LORIENT D, 1994)

Les sirops de glucose sont généralement obtenus après une hydrolyse chimique ou enzymatique d'amidons de maïs. Il est indispensable d'éliminer les protéines, les matières grasses, les matières colloïdales, ainsi que les matières insolubles du sirop obtenu.

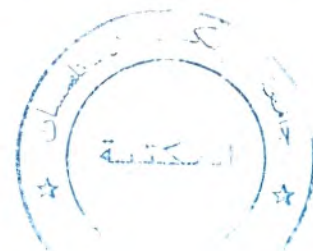
Le produit obtenu se présente sous l'aspect d'un sirop épais, incolore et transparent et c'est sous cette forme qu'il est utilisé.

Alors que le sirop de glucose produit localement en particulier celui à l'amidonnerie de Maghnia présente un aspect coloré,

D'où le but de notre étude est d'améliorer la qualité de sirop de glucose produit à l'amidonnerie de Maghnia tout en essayant de mettre en évidence les causes des inconvénients de la qualité et d'utiliser la voie d'hydrolyse chimique afin d'obtenir d'un produit qui répond aux normes et à moindre coût.

CHAPITRE 1

"Généralités sur le maïs"



I.1-Historique

*Le maïs, famille des graminées, originaire d'Amérique...
L'histoire commence il y a 6000 à 9000 ans, dans une vallée du sud du Mexique, où les habitants ont domestiqué une plante fourragère, la téosinte.
Une première série de croisements réduits le nombre de tiges à une seule.*

Le Larousse encyclopédique mentionne que le terme maïs provient d'un mot haïtien qui se trouve implanté dans la culture haïtienne depuis plusieurs siècles. (SERRE ; 1999).

Il est désigné par différents noms suivant les pays, c'est ainsi q'on appelle généralement "corn" en Amérique du nord, "indien corn" en Angleterre, "granoturco" ou "granone" en Italie et "milho" en Portugal. (SABBA ; 1992)

I.2-Nomenclature :

Son nom vernaculaire le plus commun est maïs. Ce terme vient de l'espagnol maiz,

De nombreux autres noms vernaculaires ont été appliqués à cette céréale, notamment blé indien, blé de Turquie et blé de Barbarie. Désuets pour la plupart, ces noms témoignent de la confusion qui a longtemps régné en Europe sur l'origine de la plante.

*Nom scientifique : **Zea mays** de la famille des poacées, les graminées.
Synonymes : maïs sucré : maïs doux, blé de Barbarie, blé de Guinée, blé de Turquie, froment des Indes ; maïs éclaté : maïs fulminant, maïs perlé, pop-corn...*

Maïs sucré : anglais : sugar corn, sugar maiza, sweet corn, allemand : Zuckermals, Süßmais, Welsch Korn, espagnol : maiz

Maïs éclaté : anglais : pop corn, allemand : Puffmais, Perlmais, espagnol : maiz reventón, maiz palomero, italien : maïs ibrido.



I.3- Caractéristiques Botaniques :

La plante de maïs peut être définie comme un système métabolique dont le produit final est principalement l'amidon déposé dans des organes spécialisés; les grains de maïs. (LUVEN ; 1993).

I.4 -La culture :

Le maïs est cultivé dans toutes les régions tempérées du monde. Plus cultivée au monde dans les dernières années du XX^e siècle, sa progression tient notamment au développement de la production dans les pays émergents. Aujourd'hui, présent sur tous les continents, il n'en demeure pas moins une culture locale, adaptée à chaque pays. (GOULD ; 1968).

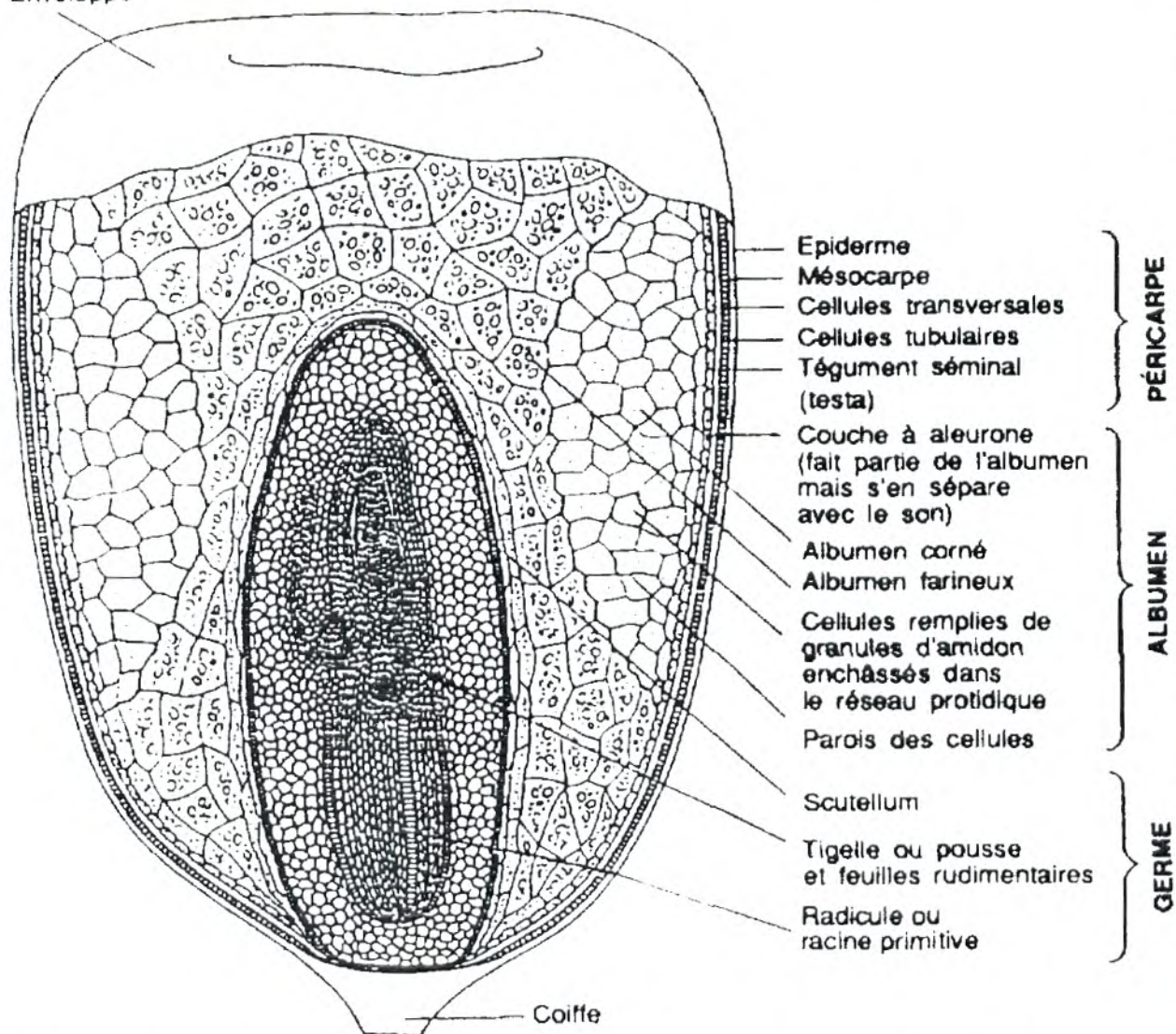
I.5 - Structure du grain de maïs :

En considérant le grain entier de diverses céréales, on constate une grande analogie dans leur composition chimique mais aussi quelques différences.

Dans toutes les espèces, le grain est essentiellement glucidique avec 60 à 75 % de glucides digestibles (amidon principalement).

Les céréales apparaissent ainsi comme des aliments essentiellement énergétiques : 330 à 385 kcal/100 g (FAVIER ; 1989).

Enveloppe



(Reproduit avec l'aimable autorisation du Wheat Flour Institute, Chicago, Illinois, 1964)

Figure n° 1 : Coupe du grain de maïs

I.6- La composition biochimique de maïs :

La composition chimique des principales parties du grain de maïs présente des différences importantes, tableau 1. (LUVEN ; 1993).

Le tégument séminal ou péricarpe se caractérise par une forte teneur en fibres brutes environ 87%, constitués principalement d'hémicellulose (67%), cellulose (23%) et de lignine (0,1%). (BURJE et al ; 1989).

D'autre part, l'albumen présente une haute teneur en amidon (87,6%) et des niveaux de protéines d'environ 8%. La teneur en graisses de l'albumen est relativement faible. Enfin, le germe se caractérise par une forte teneur en graisses brutes, de 33% en moyenne ; il a également une teneur relativement élevée en protéine (18,4%) et en sels minéraux (LUVEN ; 1993).

<i>Composant chimique</i>	<i>péricarpe</i>	<i>Albumen</i>	<i>germe</i>
<i>Protéine</i>	<i>3,7</i>	<i>8,0</i>	<i>18,4</i>
<i>Graisse extraite à l'éther</i>	<i>1,0</i>	<i>0,8</i>	<i>33,2</i>
<i>Fibres brutes</i>	<i>86,7</i>	<i>2,7</i>	<i>8,8</i>
<i>Cendres</i>	<i>0,8</i>	<i>0,3</i>	<i>10,5</i>
<i>Amidon</i>	<i>7,3</i>	<i>87,6</i>	<i>8,3</i>
<i>sucre</i>	<i>0,34</i>	<i>0,62</i>	<i>10,8</i>

Tableau 1 : composition chimique approchée des principales parties du grain de maïs (%) (LUVEN ; 1993).

I.6.1- Composition chimiques approchées :

Le tableau N°2 résume les principales données dont on dispose sur les différents types de maïs.

Type de maïs	humidité	cendres	protéines	Fibres brutes	Extrait à l'éther lipides	Glucides
farineux	9,6	1,7	10,7	2,2	5,4	70,4
Amylacé	11,2	2,9	9,1	1,8	2,2	72,8
Doux	9,5	1,5	12,9	2,9	3,9	69,3
Eclaté	10,4	1,7	13,7	2,5	5,7	66,0

Tableau 02 : composition chimique approchée des différents types de maïs. (LUVEN ; 1993).

I.6.1.A- Les glucides :

Le principal composant chimique du grain de maïs est l'amidon, qui constitue de 72 à 73% de son poids, les autres glucides sont des sucres simples présents sous forme de glucose, de saccharose et de fructose dans des proportions variant de 1 à 3% du grain.

I.6.1.B- Les protéines :

Après l'amidon, le composant chimique le plus important du grain est constitué par les protéines. Dans les variétés courantes, la teneur en protéines se trouve dans l'albumen.

Le tableau suivant détermine la teneur en acides aminés du maïs en pourcentage.

Maïs grain blanc		Maïs grain jaune
Args	4,6	4,6
Cys	1,2	1,4
Gly	3,6	3 ; 4
His	3,3	2,9
Ils	3,1	3,1
Leu	12,7	13,1
Lus	3,0	2,4
Met	1,1	0,6
Phe	5,1	4,9
Thr	3,8	3,6
Try	0,6	0,6
tyr	3,7	3,7
val	4,4	4,2

Tableau 03 : la teneur en acides aminés du maïs en pourcentage (LUVEN ; 1993).

I.6.1.C- Lipide et acides gras :

La teneur en lipide du grain de maïs provient essentiellement du germe. La teneur en lipide est en valeurs étagée entre 3 et 8 %. L'huile de maïs a une faible teneur en acides gras saturés. En revanche, il contient des niveaux relativement élevés d'acides gras poly insaturés, essentiellement l'acide oléique et l'acide linoléique.

Le tableau 4 fait apparaître la composition moyenne en acides gras de lipide du grain de maïs.

	<i>acide palmitique C16 (saturé)</i>	<i>Acide oléique C18 :1 (insaturé)</i>	<i>Acide linoléique C18 :2 (insaturé)</i>	<i>Acide linoléique C18 :3 (insaturé)</i>
<i>Mais</i>	<i>12</i>	<i>26</i>	<i>60</i>	<i>2</i>

**Tableau 4 : composition en acides gras des lipides de maïs
(En pourcentage du total d'acide gras)(CLAYTON et al ; 1970)**

I.6.1.D- Fibres alimentaires :

Les fibres alimentaires sont les composants chimiques que l'on trouve en plus grandes quantités. Les fibres du grain proviennent du péricarpe et de la coiffe, mais ils sont également fournis par les parois des cellules de l'albumen et, dans une moindre mesure, les parois des cellules du germe.

(SANSTEND et al ; 1978), ont constaté que le son de maïs (extrait sec) se composait de 75% d'hémicellulose, de 25% de cellulose et 0,1 % de lignine

Le tableau 5 fait apparaître la teneur totale en fibres alimentaires solubles et insolubles du grain de maïs.

<i>Fibre alimentaire</i>	<i>Solubles</i>	<i>Insolubles</i>	<i>Total</i>
<i>Mais</i>	<i>1,25± 0,41</i>	<i>10,94±1,26</i>	<i>12,19± 1,30</i>

Tableau 5 : teneur en fibres alimentaires (SANSTEND et al ; 1978).

I.6.1.E- Sels minéraux :

La concentration des cendres dans le grain de maïs est d'environ 1,3% soit un peu moins seulement que la teneur en fibres brutes (LUVEN ; 1993).

I.6.1. F-Vitamines :

Vitamines liposolubles : le grain de maïs contient deux vitamines liposolubles : la provitamine A, et la vitamine E.

Les caroténoïdes ou provitamines A : se trouvent principalement dans le maïs jaune tandis que le maïs blanc ne contient que peu ou pas de caroténoïdes. La plupart des caroténoïdes se trouvent dans l'albumen corné du grain. Le germe ne contenant que de faible quantité.

La vitamine E : se trouve surtout dans le germe.

Vitamines hydrosolubles : les vitamines hydrosolubles se trouvent principalement dans la couche à aleurone du grain de maïs, suivie du germe et de l'albumen. Des quantités variables de thiamine (B1) et de riboflavine (B2) ont été observées.

Le maïs ne contiennent pas de vitamine B12. (LUVEN ; 1993).

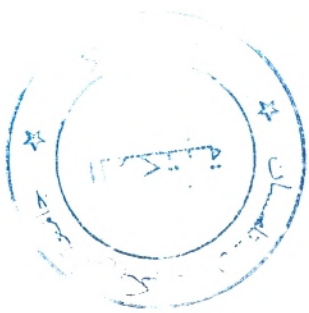
Vitamines	Thiamine B1	Riboflavine B2	Pyridoxine B6	PP Niacine	Acide pantothénique	E tocophérol
Mais	0,40	0,10	0,70	1-3	0,30 à 0,80	1,30 à 1,80

**Tableau 6 : teneur en vitamines du grain de maïs (mg/ 100g)
(MOHTADJI et LAMBALLAIS ; 1989).**

I.7- Intérêt nutritionnel du maïs :

Les grains de maïs sont des aliments énergétiques grâce à leur haute teneur en amidon, glucide facilement digestible, les amidons de maïs sont dégradés beaucoup moins rapidement que ceux du blé et de l'orge. La valeur protéique du maïs est médiocre. Ils sont caractérisés par un déficit primaire en lysine et en tryptophane alors que les acides aminés soufrés sont abondants.

Le maïs est pellagrigène, c'est-à-dire qu'il favorise l'apparition d'une carence en vitamine pp (Niacine). par ailleurs le maïs carencé en tryptophane, il n'y a pas de compensation par synthèse de vitamine pp. le maïs est dépourvu de vitamine D et A. (ANONYME ; 2002).



تكنولوجيا الماس

II.1 -Technologie du maïs :

Les secteurs de production et de transformation des céréales sont des secteurs clés de l'économie agricole et agroalimentaire

Les activités industrielles de transformation des grains peuvent être classées de la façon suivante : tout d'abord, le secteur de négoce, puis la 1^{ère} transformation (maïserie), et celui de la 2^{ème} transformation (amidonnerie) En fait, le secteur de l'amidonnerie regroupe des activités de 1^{ère} et 2^{ème} transformation (SCRIBAN R ; 1988).

Le maïs, dès sa réception, est nettoyé et débarrassé de ses impuretés, il subit ensuite une série d'opérations technologiques en vue de l'extraction de divers produits (Amidon, gluten, Glucose, dextrine). ces opérations s'effectuent au niveau de l'amidonnerie (humide et sèche) puis en glucoserie

II.1.1- Le séchage du grain de maïs :

C'est un passage obligé de la chaîne de récolte, car cette dernière pose des problèmes de conservation puisque le grain humide s'altère rapidement par les micro-organismes. (GODON et WILLIM ; 1991).

Le séchage une opération délicate : La séparation entre l'amidon et les protéines est basée sur la différence de densité de ces deux constituants, la densité des protéines étant plus faible que celle de l'amidon. Il est primordial de préserver ce différentiel, qui dépend essentiellement des opérations de post-récolte, et en particulier du séchage. En effet, le séchage se déroule en deux phases, qui tendent à réduire l'écart entre les densités.

Première phase du séchage : Le séchage provoque une augmentation progressive de la température du grain. Sa périphérie (enveloppes et partie vitreuse riches en protéines) sèche et chauffe, ce qui provoque une coagulation, d'où une **augmentation de la densité des protéines**.

Deuxième phase du séchage : Le séchage se poursuit et l'intérieur du grain se réchauffe, mais reste toujours plus humide que la périphérie. L'albumen farineux, qui contient de plus gros grains d'amidon, devient chaud et humide, ce qui entraîne une gélatinisation. On observe alors une **baisse de la densité de l'amidon**

II.1.2- Conséquences du séchage sur la séparabilité :

- La densité des protéines, en moyenne de 1,3 tend vers 1,4
- La densité de l'amidon, en moyenne de 1,5 tend vers 1,4

II.1.3- Transformation du maïs :

Trois procédés sont utilisés pour transformer les grains de maïs en des sous-produits de valeur.

- Le broyage complet utilisé par l'industrie de la distillerie,*
- La mouture sèche mise en œuvre par l'industrie de la semoulerie (bière, céréales, apéritifs, alimentation du bétail et des animaux domestiques, industrie chimique),*
- La mouture humide mise en œuvre par l'industrie de l'amidonnerie (alimentation humaine, papeterie, chimie, pharmacie, cosmétiques, alimentation animale). (GIRARDIN ; 2000).*

Les grains de maïs sont entièrement traités par voie humide pour l'extraction de l'amidon, cette méthode est plus efficace que celle de la mouture sèche, car les fractions du grain ne sont plus séparées seulement selon leurs origine histologique, mais aussi selon la nature chimique de leurs constituants (GODON; 1996).

Elle fournit ainsi séparément des fractions d'amidon, de protéines, de fibres, de germe et d'endosperme.

II.2- L'amidonnerie humide :

Elle comprend les opérations suivantes :

- Trempage des grains dans de l'eau contenant de l'anhydride sulfureux ;*
- Dégermage qui a pour but de séparer des les germes des grains ;*
- Broyage – tamisage permettent la libération quasi-totale de l'amidon ;*
- Séparation de l'amidon et de gluten.*

Le procédé de mouture humide repose sur des opérations de broyage, de criblage et de centrifugation qui a pour objectif de séparer l'amidon de la cellulose, des lipides et des protéines qu'ils sont étroitement liés.

Le procédé de broyage par voie humide commence par ramollissement du grain que l'on plonge dans une solution d'acide dilué, le broyage grossier partage le grain pour enlever le germe qui contient la phase lipidique.

L'opération de mouture fine permet d'éliminer la cellulose de l'endosperme. (LE BRAS ; 1983).

En fin, la centrifugation sépare la fraction protéique de l'amidon.

L'amidon est ensuite lavé, séché ou laissé dans une cuve pour traitement ultérieur. Cette suspension est appelée « Lait d'amidon ».

(LINDEN et LORIENT ; 1994).

Le lait d'amidon est maintenant de plus en plus traité par des

Hydro cyclones souvent disposés en batteries de plusieurs dizaines d'appareils.

L'amidon purifié, c'est-à-dire contenant moins de 0,3% de protéines, est séparé de l'eau sur des filtres rotatifs et séché à l'aide de sècheurs pneumatiques. Mais ce lait d'amidon peut être traité, au moins partiellement selon les modes de fabrication, pour être transformé en divers dérivés : composés d'hydrolyse (sirop de glucose), amidons plus ou moins modifiés, pré gélatinisés (GODON ; 1991).

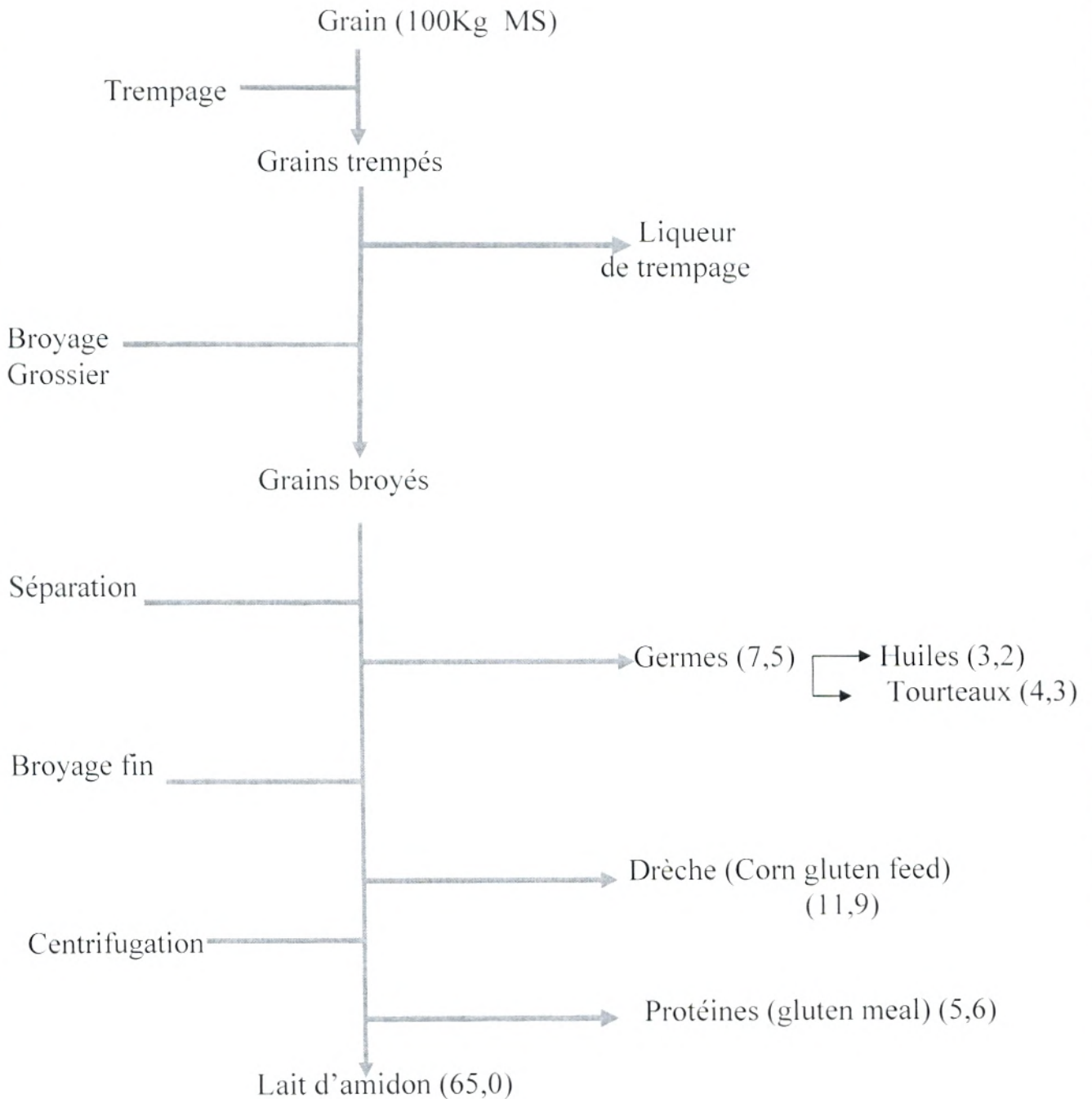


Figure n ° 02 : Amidonnerie maïs (GODON et al ; 1991).

II.2.1- Les produits de transformation :

Le maïs est la source la plus largement utilisée dans le monde pour la production d'amidon non seulement pour la teneur élevée en ce dernier, mais aussi pour des raisons techno économiques.

L'amidon obtenu par transformation du maïs peut être vendu tel quel, sous forme d'amidon natif, ou soumis à des transformations plus poussées.

II.2.2- Critères de qualité de la matière première:

***Une teneur du grain en amidon élevée:** En effet, plus la teneur en amidon est élevée, meilleur sera le rendement en usine.*

***Une grande qualité intrinsèque de l'amidon :** Ce qui est recherché, c'est un amidon présentant une granulométrie régulière au séchage et des performances constantes en modification. (GIRARDIN; 1998).*

***Une faible proportion de grains cassés:** les grains cassés ou abîmés vont subir des pertes d'amidon préjudiciables au rendement final.*

***Une bonne séparabilité amidon / protéine:** La qualité amidonnaire du maïs est d'autant plus grande que cette séparation est facile.*

***Une humidité du grain inférieure à 32% :** Le taux d'humidité du grain influe en fait sur les deux points précédents. En effet, plus le grain est sec, moins il craint la casse au moment de la récolte, et mieux il résiste au séchage conservant une séparabilité amidon / protéine facile.*

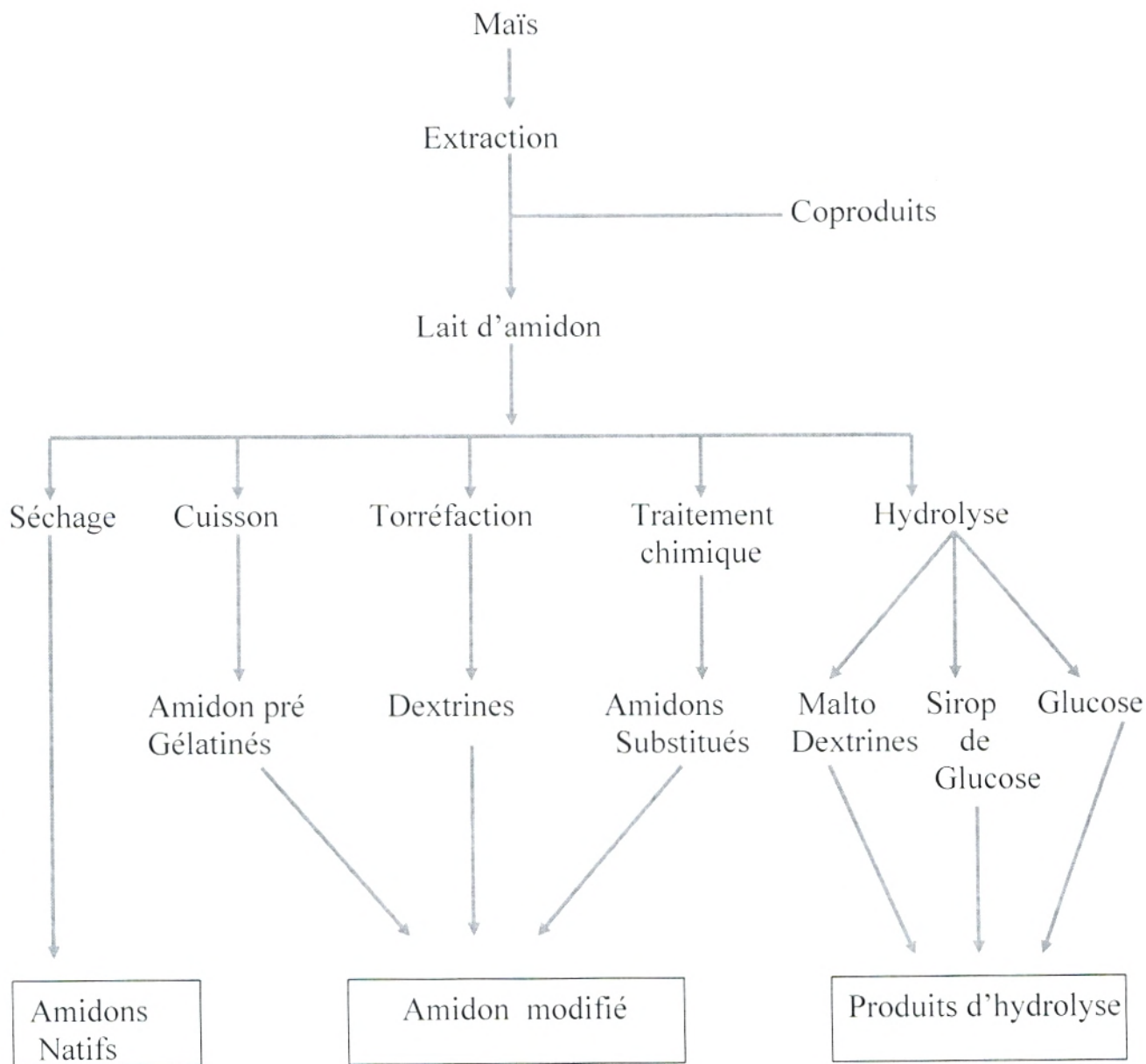


Figure n° 03 : Débouchés de l'amidon (LINDEN et LORIENT ; 1994).

II.2.3- Modification physico-chimique et hydrolyse d'amidon :

On connaît plus de 500 produits dérivés de l'amidon, soit par modification physicochimique, soit par hydrolyse, soit par combinaison des deux.

L'application la plus importante concerne la fabrication des maltodextrines et des « sirops de glucose » ces sirops résultent de l'hydrolyse plus ou moins complète d'amidon. (LINDEN et LORIENT ; 1994).

En fonction de la méthode utilisée pour l'hydrolyse d'amidon, la composition des hydrolysats sera très différente : les malto-dextrines, sirop et hydrolysats de glucose, ces produits sont communément caractérisées par leur « dextrose équivalent » DE, le DE est défini comme étant le pourcentage de sucres réducteurs présent dans le sirop, par rapport à la quantité totale d'oligosaccharides. (GODON et al ; 1991).

II.2.3.A- Les produits d'hydrolyse de l'amidon :

L'hydrolyse de l'amidon consiste en un « découpage » de la molécule, qui peut être effectué à des niveaux différents, éventuellement jusqu'à obtention de la seule molécule unitaire de glucose : on parle alors de dextrose.

Les différents produits d'hydrolyse peuvent ainsi être classés selon leur degré d'hydrolyse :

Plus le DE augmente, plus la proportion de mono et disaccharides augmente, plus la proportion de polysaccharides se réduit.

*Les **malto-dextrines** sont obtenues par une hydrolyse limitée de l'amidon : leur DE est compris entre 1 et 20.*

Contenant peu de mono et disaccharide, elles ne présentent pas de pouvoir sucrant. Elles sont utilisées notamment dans les aliments infantiles et aliments pour sportifs.

*Le **dextrose**, uniquement constitué de molécules de glucose, a un DE de 100. Il est présenté sous une forme anhydre ou monohydrate et est notamment utilisé en boulangerie-pâtisserie, pour les crèmes glacées, etc.*

*L'**isoglucose** est défini réglementairement comme contenant plus de 10% de fructose.*

(Rapport du groupe de travail PNNS sur les glucides, partie 2 ; 2007)

II.3- Le sirop de glucose :

Le sirop de glucose est une solution aqueuse purifiée et concentrée de saccharides nutritifs obtenus à partir d'amidon.

Les sirops de glucose sont des solutions aqueuses renfermant une forte teneur en sucre dérivé de l'amidon, ils sont obtenus par hydrolyse acide ou enzymatique de l'amidon. (DORMAT ; 1972).

Le sirop de glucose est un liquide visqueux, parfaitement incolore et limpide de densité 1,032 à 20° C. (DORMAT ; 1972).

Le sirop de glucose est obtenu par hydrolyse de l'amidon de maïs. L'hydrolyse peut s'effectuer par voie chimique (hydrolyse acide), par voie enzymatique ou par voie mixte (chimique / enzymatique).

II.3.1- Propriétés physique:

Aspect et couleur:

A température d'environ 22°C, il se présente sous l'aspect d'un sirop visqueux, incolore, transparent et épais.

Saveur:

La saveur sucrée est proportionnelle au D.E.

Exemple: le Pouvoir Sucrant (P.S.) du sirop de glucose 60 D.E. a un P.S. de 0,5, c'est à dire moitié moins que le saccharose dont le P.S. sert de références pour tout les édulcorants qui est de 1.

Les utilisations de sirop de glucose sont surtout liées à leur pouvoir sucrant, cristallisant, viscosifiant et à leur capacité de rétention d'eau. (DZIEDZIC et KEARSLE ; 1984).

Les produits à haut DE (sirop de glucose, hydrolysats) maintiennent une pression osmotique élevée dans les milieux. Ce qui permet de limiter le développement des micro-organismes indésirables et de stabiliser l'eau de système. (LINDEN et LORIENT ; 1994).

La viscosité des produits d'hydrolyse de l'amidon est fonction de la température, de la concentration en sucre et surtout de leur DE, en effet, le pouvoir viscosifiant diminue très rapidement lorsque le DE augmente. (LIYOD et al ; 1984).

II.3.2- Utilisations de sirop de glucose:

Les sirops de glucose sont très utilisés dans les IAA pour leur pouvoir sucrant, leur aptitude à éviter la cristallisation du saccharose, leur capacité à abaisser le point de congélation des solutions (crèmes glacées), leur pouvoir humectant (hygroscopicité).

Les sirops de glucose sont utilisés dans :

- boissons*
- entremets et crèmes glacées*
- autres : céréales petite déjeuner, produits laitiers, soupes, sauces,*
- En pâtisserie:*

Utilisé pour la confection de glaçage, de mousse, sucre cuit pour glaçage...

-En chocolaterie confiserie:

Utilisé pour la confection de pâte de fruit, pâte d'amande, nougat, fondant, caramel, nougatine,

II.3.3- Rôles dans l'utilisation:

- Utilisé pour graisser le sucre:*

Le sirop de glucose est utilisé pour graisser le sucre. En effet, incorporé dans une cuisson de sucre il évite que ce dernier ne masse (cristallise) par la suite.

- Utilisé pour éviter le dessèchement (sirop de glucose inférieur à 65 D.E.): Il retarde la dessiccation des produits et assure ainsi une plus longue conservation tout en permettant à ces derniers de conserver leur aspect souple et moelleux.

II. 3.4- La production de sirop de glucose :

Il existe deux méthodes :

- Conversion par hydrolyse acide*
- Conversion par hydrolyse enzymatique*

II. 3.4 .A- L'hydrolyse acide :

L'hydrolyse acide permet d'obtenir des sirops de glucose compris entre 20 et 65 de DE. Cependant, au-delà de 50 DE, on obtient une dégradation des produits d'hydrolyse sous forme de composés colorés à saveur amère.

(LINDEN et LORIENT ; 1994).

L'amidonnerie de maïs située à Maghnia utilise le traitement acide pour l'hydrolyse d'amidon. (Mémoire de CQA univ-Tlemcen ,2002-2003)

L'hydrolyse acide s'effectue sous pression et chauffage (110°C) à partir d'une suspension d'amidon de maïs dans de l'eau distillée dont le coefficient d'acidité (pH) a été amené à 2,5 environ par addition d'acide chlorhydrique pur. La chaîne moléculaire de l'amidon est rompue au hasard, un jus de teneur plus ou moins concentré en glucose s'écoule.

II. 3.4 .B- L'hydrolyse enzymatique :

Les propriétés du sirop de glucose ont ainsi permis à la confiserie de se développer puisque les variétés de bonbons se sont vues multipliées et la conservation prolongée.

Précisons que la valeur énergétique du sucre de glucose est identique à celle du sucre soit 4 kcal par gramme. (ROBERT ; 1985).

L'utilisation à l'échelle industrielle des différentes enzymes amylolytiques sur les substrats amylicés a permis la production de sirops dont les propriétés et les caractéristiques sont fonction des enzymes utilisées, de leurs concentrations et de la durée de l'étape d'hydrolyse.

L'utilisation de certaines enzymes permet d'obtenir un DE de 98 (conversion quasi-complète de l'amidon en dextrose).

L'utilisation des enzymes pour la transformation des produits biochimiques accroît le rendement et diminue la production de déchets.

Les enzymes amylolytiques sont des hydrolases capables de dégrader spécifiquement les liaisons glycosidiques de l'amidon (amylose, amylopectine) et de ses produits de dégradation (malto-dextrines) jusqu'au stade d'oligosaccharide.

L'hydrolyse se fait par un mélange d' α et β amylase, isoamylase et glucoamylase donne des sirops de glucose dont le DE est élevé, il peut atteindre 97 ; ce qui présente une solution à 97% de glucose.

II. 3.4 .C- Les enzymes utilisés pour l'hydrolyse de l'amidon :

Les amidons sont constitués d'unités de glucose liées de manière à former un polymère linéaire appelé amylose ou un polymère branché appelé amylopectine.

Les divers enzymes agissent de manières différentes :

***L' α amylase :** hydrolyse les liaisons α (1-4) dans les polymères de glucose, mais seulement à l'intérieur des chaînes, elle extraite industriellement de bactéries.*

La β amylase : hydrolyse les liaisons α (1-4) dans les polymères de glucose, découpant des unités maltose à partir des extrémités (non réductrices) des chaînes, elle ne peut hydrolyser les liaisons α (1-6), elle est obtenue industriellement à partir de l'orge et du malt ;

L'amyloglucosidase (AMG) : hydrolyse les liaisons α (1-4), découpant des unités de glucose progressivement à partir des extrémités (non réductrices) des chaînes, elle hydrolyse également les liaisons α (1-6), mais seulement lentement, elle est obtenue industriellement à partir de champignon *Aspergillus sp.*

La pullulanase : hydrolyse les liaisons α (1-6), elle est obtenue industriellement à partir des bactéries *Bacillus acidopullulyticus* (GERARD et al ; 1998).

II. 3.4 .D - Les étapes de la production :

Deux étapes dans la préparation de ces sirops peuvent être distinguées :

- **La dextrinisation (Liquéfaction)** : production des malto-dextrines
- **La saccharification** : apparition d'une saveur sucrée
(DZIE et KEARSLE ; 1984).

1-La liquéfaction de l'amidon :

La liquéfaction s'effectue en deux temps : la **gélatinisation** et la **dextrinisation**. Intervient une **α -amylase**, endohydrolase agissant sur les liaisons α (1-4) de l'amylose et de l'amylopectine, mais sans action sur les branchements (liaisons α (1-6)). Ainsi l'enzyme libère-t-il des oligosaccharides branchés. Il importe que ces enzymes soient thermostables.

Le pH est amené à 6,0 - 6,5, l' **α -amylase** et du **CaCl₂** (stabilisateur de l'enzyme) sont ajoutés et le mélange est chauffé (jet de vapeur à 105 – 110° C pour 3 – 7 minutes).

Lors de la dextrinisation qui fait suite, la température est abaissée jusqu'à 95 – 97° C, de la nouvelle α -amylase est ajoutée et le mélange est laissé 60 – 90 minutes. Durant cette période l'amidon gélatinisé est dégradé en courtes chaînes de glucose appelé dextrines. Le produit de dextrinisation est un sirop visqueux de dextrines (DE 10 – 12), dans lequel l'amidon insoluble a été converti en dextrines solubles. Ces dextrines sont faciles à convertir en glucose par une ultime hydrolyse enzymatique.

2-La saccharification des sirops de dextrine :

Il s'agit d'amyloglucosidase. Cet enzyme agit sur l'amidon gélatinisé ou sur les dextrines en enlevant les simples molécules de glucose des extrémités non réductrices. Cet enzyme agit essentiellement sur les liaisons α (1-4) mais il hydrolyse également lentement les liaisons α (1-6).

Selon la composition des hydrates de carbone nécessaires dans le produit fini, un mélange de différents enzymes fongiques est ajouté. Pour l'obtention d'un sirop avec un haut contenu en glucose, un mélange d'alpha amylase ou de pollulanase et d'amyloglucosidase est utilisé. L'évaporation de l'eau conduit à un sirop de glucose visqueux. (GERARD et al ; 1998)

A la fin de l'opération, les enzymes sont inactivées par une augmentation de la température et par un ajustement du pH. Le sirop est ensuite traité de la même façon que précédemment. (LINDEN et LORIENT ; 1994).

Fabrication de Sirop de Glucose

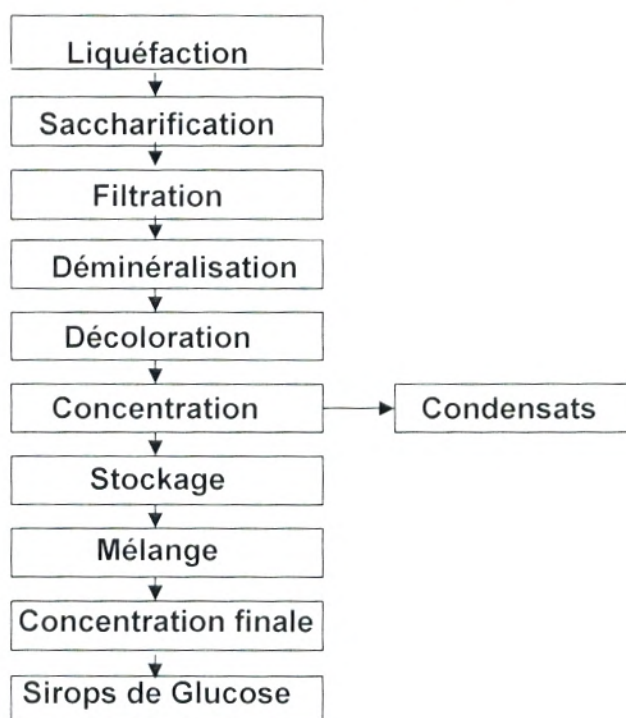


Figure n° 04 : Processus de fabrication de sirop par voie enzymatique

Materials et methods

III.1-Matériel biologique :

Ce travail va être effectué sur le sirop de glucose produit à l'amidonnerie de Maghnia, et qui présente un aspect coloré.

III.1.1- Méthodes et matériels :

Notre étude va être effectuée au sein du laboratoire de l'amidonnerie de Maghnia, il comprend l'étude de la qualité de sirop de glucose produit au sein de cette entreprise.

Dans un premier temps, nous allons analyser le lait d'amidon (matière première) et le sirop de glucose (produit fini) afin de mettre en évidence les causes des inconvénients de la qualité,

Et ensuite nous effectuerons l'hydrolyse de l'amidon pour l'obtention de sirop de glucose par la voie chimique.

III.1.2 - Analyse de la matière première :

-Plusieurs paramètres sont essentiels à analyser après la phase de la séparation amidon –gluten qui sont:

- Détermination de taux d'humidité et de la matière sèche.*
- La densité de lait d'amidon.*
- Taux de protéines.*
- détermination de pH de lait d'amidon*

III.1.3 - Analyse de sirop de glucose :

- détermination de Taux de protéines.*
- détermination de pH.*
- Détermination de DE (dextrose équivalent).*
- Détermination de taux de la matière sèche.*

III.2- Méthodes d'analyses :

III.2.1- Détermination de taux d'humidité :

(AUDIGIE et al ; 1984)

Principe :

Il consiste en un séchage dans une étuve isotherme pendant un certain temps et à une température donnée jusqu'à un poids constant.

Mode opératoire :

- Le poids de l'échantillon pesé est réparti en une couche uniforme
- Mettre les assiettes contenant l'échantillon dans l'étuve à 180° C pendant 90 minutes, la teneur en eau de l'échantillon est calculée comme suite :

$$\% \text{ He} = \frac{A - B}{E} * 100$$

He : humidité

A : la pesé en gramme : assiette + échantillon avant séchage

B : la pesé en gramme : assiette + échantillon après séchage

E: poids de l'échantillon

100 : indice pour la calcule en %

III.2.2- Détermination de taux des protéines (Kjeldahl ; 1883)

Principe :

La détermination de l'azote total est réalisée par la méthode de Kjeldahl (1883) qui s'effectue en 3 phases :

- Ménéralisation.
- Distillation
- Titration

Mode opératoire :

A- Ménéralisation :

Elle doit être réalisée avec précaution car elle met en œuvre de l'acide sulfurique concentré et chaud.

On chauffe le matras de Kjeldahl jusqu'à ce que la couleur noire disparaisse pour laisser place à une couleur limpide. Par cette opération, l'ensemble de l'azote organique est transformé en azote minéral sous forme ammoniacal ;

On transverse après refroidissement le contenu du matras dans une éprouvette graduée, on termine le volume avec de l'eau distillé de rinçage du matras jusqu'à 100 ml.

B- Distillation :

Elle consiste en la libération de l'ammoniac par action de la soude qui est retenue dans l'acide borique

Cette distillation se fait dans l'unité de distillation BUCHIK -314

- 10 ml de contenu sont transverses dans l'éprouvette de l'unité de distillation auxquels sont ajoutés 20 ml d'eau distillée et 30 ml de la soude à 32%.

- la distillation est ensuite recueillie dans 20 ml d'acide borique à 20% composé de deux gouttes d'indicateur coloré de rouge de méthyle.

- on obtient une solution de couleur jaune.

C -Titration :

Le recueilli qui a pris une couleur jaune est titré par l'acide sulfurique à 0,5 N jusqu'à l'obtention de la couleur violette.

Remarque : pour la détermination de la teneur en protéines, on fait deux essais, l'une a pesé 5g et la deuxième à pesé 2,5g de l'échantillon.

$$TP = [(V \times 0,8754) / E \times MS]$$

V : volume de Titration (ml) ;

E : poids de l'échantillon (g) ;

MS : matière sèche qui est = (100 – He) ;

0,8754 : facteur de correction de la soude ;

100 : pour exprimer le pourcentage.

III.2.3- Détermination de pH : (MAISERIE ; 1984)

Principe :

Le pH est défini comme étant le logarithme négatif de la concentration en ions hydrogène d'une solution.

Mode opératoire :

Le pH mètre doit être étalonné à l'aide des solutions tampons aux pH 4 et 7.

-Prendre 20 g d'échantillon dans des bécher, ajouter a cela 100 ml d'eau distillée à température ambiante à 25C° et qui sera bien mélangé a l'aide d'un agitateur magnétique.

Plongé l'électrode dans le bécher, noter la valeur du PH quand celle-ci se stabilise a une valeur donnée.

Remarque.

Après chaque utilisation du PH mètre rincer l'électrode avec de l'eau distillée et la maintenir toujours par simple plongée en milieu aqueux.

III.2.4- Détermination de du pouvoir de réduction et des équivalents de dextrose (valeur DE) (MAISERIE ; 1984)

Principe :

Le pouvoir de réduction (teneur en sucres réduits) exprimé en D-glucose de l'échantillon, est déterminé par le fait qu'une certaine quantité de solution de Fehling préparée est titrée à l'aide d'une solution aqueuse d'échantillon.

Les équivalents de dextrose sont calculés à partir du pouvoir de réduction déterminé.

Mode opératoire :

-L'échantillon à analyser est ramené sans perte (pour le sirop de glucose sous addition d'eau chaude) dans un ballon de 250 ml, refroidi à la température ambiante et rempli de 250 ml d'eau distillé. Ensuite, 25 ml de solution de Fehling sont donnés à l'aide d'une pipette dans un erlenmeyer de 200 ml porté à ébullition.

-On ajoute à l'aide d'une burette, autant de solution d'échantillon qu'il sera nécessaire que le point de virage à déterminer par un titrage préliminaire soit atteint 0,5ml.

- Le contenu de ballon est amenée à ébullition en l'espace de 2minutes et, après l'avoir fait pivoter, il est maintenu à faible ébullition pendant 2autres minutes.

-On ajoute 2 gouttes d'indicateur et 2 de gouttes de la solution d'échantillon et ébullition est continuée. Après avoir laissé déposer légèrement l'oxyde de cuivre I, on ajoute en l'espace d'une minute autant de gouttes d'échantillon jusqu'à ce que la coloration bleue ait disparu. Le mélange doit rester en ébullition.

-l'équivalent de dextrose suivant la formule :

$$DE = \frac{3000 \times 100 \times F}{E \times M.S \times V}$$

V : volume de l'échantillon ;

100 : indice pour le calcul en % ;

F : facteur de conversion éventuel pour le titre de la solution de Fehling. 1,010

E : poids de l'échantillon en gramme ;

M.S : teneur en matière sèche ;

DE : dextrose équivalent.

III.3- Production de sirop de glucose:

III.3.1-Production de sirop de glucose par voie acide :

Le lait d'amidon, transféré de l'amidonnerie vers la glucoserie va être hydrolysé et purifié. La troisième étape sera déterminée selon le produit final désiré, à savoir maltodextrines, dextroses, ou sirop de glucose.

L'hydrolyse acide permet d'obtenir des sirops de glucose compris entre 20 et 65 de DE.

La chaîne moléculaire de l'amidon est rompue au hasard, un jus de teneur plus ou moins concentré en glucose s'écoule.

III.3.1.1- Les étapes de la production :

Acidification : elle est réalisée par lot (en batch) ou en processus continu. L'empois d'amidon est mélangé à de l'acide (H_2SO_4 ou HCl) afin d'amener la valeur du pH aux environs de 1,8 – 2,0 dans un convertisseur à vapeur chauffé aux environs de $160^\circ C$ jusqu'au DE désiré. Le processus continu qui remplace le processus par lot implique l'introduction de l'amidon et de l'acide dans un échangeur thermique tubulaire ; le temps et la température sont ajustés pour obtenir le DE souhaité.

Neutralisation : La solution est neutralisée avec du carbonate de sodium ou de la chaux pour éliminer l'acide libre et amener la valeur du pH entre 5,0 – 7,0. Le chlorure de sodium formé dans le sirop, en petite quantité, reste dans la solution.

Raffinage : Des impuretés (protéines précipitées et graisse figée) peuvent être éliminées par centrifugation.

Filtration : La solution est filtrée sur filtre-presse ou sur filtres en céramique.

Décoloration : Le filtrat brun clair obtenu est décoloré par passage sur du charbon actif ; celui-ci enlève la couleur et les autres impuretés par adsorption et ne provoque pas de modifications du glucose. Les résines échangeuses d'ions peuvent remplacer le charbon actif. Un procédé récent consiste à utiliser l'électrodialyse afin d'obtenir un sirop de glucose de qualité supérieure.

Au niveau de la glucoserie de Magnia nous avons remarqués l'absence de l'étape de la décoloration malgré le rôle de charbon actif dans l'adsorption des protéines solubles de sirop de glucose.

Concentration : Elle est réalisée sous vide dans des convertisseurs simples ou par échangeurs thermiques jusqu'à un extrait sec (EST) de 80 à 85 %.

Stockage et transport : Le sirop de glucose ne doit pas être stocké en grandes quantités pendant de longues périodes en raison d'une détérioration possible de sa couleur. Le transport est réalisé en fûts ou en citernes.

(LINDEN et LORIENT ; 1994).

Le processus de fabrication des sirops de glucose et hydrolysats d'amidon est illustré dans la figure 5

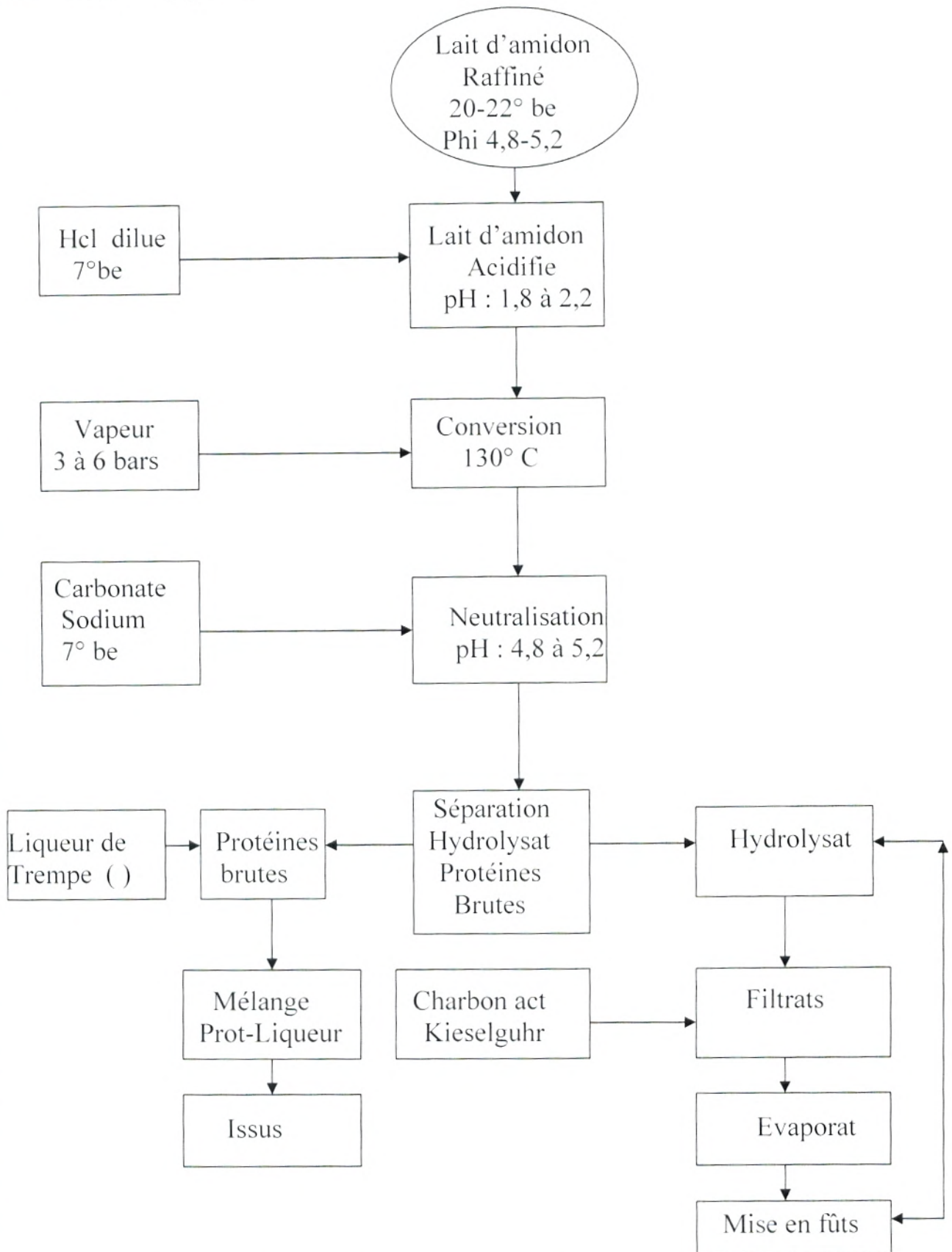


Figure 05 : Processus de fabrication des sirops et hydrolysats d'amidon (Maïs-Maghnia), (mäiserie ; 1984)

Résultats et discussions

Résultats et discussion

-Chaque analyse a été réalisée en trois reprises afin d'avoir une moyenne représentative

-Les analyses étaient effectuées sur : le lait d'amidon (matière première), le sirop de glucose (produit à l'entreprise) : dont l'expression des résultats va être exprimée comme suite :

1 / Les analyses de lait d'amidon :

-Les analyses effectuées sur le lait d'amidon, se limitent sur le dosage le pH, la matière sèche, le taux des protéines afin de mettre en évidence les causes des inconvénients de la qualité.

- Le lait d'amidon analysé provenant de 4^{ème} séparateur et celui qu'est utilisé pour la production de sirop de glucose.

1-1 : Détermination de taux d'humidité :

La teneur en eau est un indice nécessaire pour une bonne conservation

Nombre d'essais	Humidité en %			Moyenne
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	
Le lait d'amidon	64,8 %	64,2%	63,8%	64,26%

Tableau 7 : Le taux d'humidité de lait d'amidon

1-2 : Détermination de la matière sèche :

Le taux de la MS de lait d'amidon est calculé comme suite :

$$MS\% = 100 - He$$

Nombre d'essais	La matière sèche en %				Normes
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Moyenne	
Le lait d'amidon	35,2 %	35,8 %	36,2 %	35,74 %	35,5- 44

Tableau 8 : Le taux de la matière sèche de lait d'amidon

Selon les résultats obtenus on peut dire que le taux de la matière sèche de lait d'amidon est inclus dans l'intervalle des normes, selon le manuel des

analyses de laboratoire central de l'amidonnerie de Maghnia (Les normes DIN)
(MAISERIE ; 1984)

1-3 : Détermination de pH :

Le pH permet de caractériser le degré de l'acidité ou d'alcalinité de lait d'amidon, ce qui constitue un élément très important pour les étapes d'hydrolyse

Nombre d'essais	Le pH				
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Moyenne	Normes
Le lait d'amidon	5,9	5,3	5,9	5,7	4- 6

Tableau 9 : Le pH de lait d'amidon

Selon le tableau, le pH de lait d'amidon est faiblement acide et près de la neutralité, et inclus dans l'intervalle des normes. (MAISERIE ; 1984)

1-4: Détermination du baumé :

Le baumé (la densité) de lait d'amidon de 4^{ème} séparateur (matière première pour le sirop de glucose) doit être de 19°B à 21°B.

Nombre d'essais	Baumé en °B				
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Moyenne	Normes
Le lait d'amidon	19,6	19,5	19,6	19,56	18 -22

Tableau 10: Le baumé de lait d'amidon

Le baumé est inclus dans l'intervalle des normes. (MAISERIE ; 1984)

1-5: Détermination du taux de protéines :

La qualité de sirop de glucose est d'autant plus grande que la proportion des protéines dans le lait d'amidon est faible, puisque ces derniers sont les éléments responsables de la coloration de sirop de glucose, ils provoquent le brunissent non enzymatique (réaction de Maillard).

Nombre d'essais	Taux de protéines en %				
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Moyenne	Normes
Le lait d'amidon	0,5244	0,5244	0,4267	0,4919	Max 0, 3

Tableau 11 : Le taux de protéines dans le lait d'amidon

La teneur en protéines de lait d'amidon est incluse à l'extérieur de l'intervalle des normes, ce qui pose certainement des risques dans la production de sirop de glucose (coloration brune de sirop de glucose. (MAISERIE ; 1984)

2/ Les analyses de sirop de glucose :

-Les analyses effectuées sur le sirop de glucose se limitent sur le dosage de pH, M.S, le taux des protéines, DE (dextroses équivalents)

2-1: Détermination du pH:

L'acidité de sirop de glucose est due à l'hydrolyse acide de l'amidon.

Nombre d'essais	Le pH				
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Moyenne	Normes
Le sirop de glucose	5,22	5,23	5,22	5,2234	4,5-5,6

Tableau 12 : Le pH de sirop de glucose

On peut avoir que le pH de sirop de glucose est inclus dans l'intervalle des données (4,5-5,6). (MAISERIE ; 1984)

2-2: Détermination de la matière sèche:

Le taux de la matière sèche de sirop de glucose est de 80 à 85%, le tableau suivant montre la teneur en matière sèche de sirop de glucose produit à l'amidonnerie. (MAISERIE ; 1984)

Nombre d'essais	La matière sèche en %				
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Moyenne	Normes
Le sirop de glucose	82,6	82,6	82,6	82,6	80- 85

Tableau 13 : Le taux de la matière sèche de sirop de glucose

2-3: Détermination de DE (Dextrose équivalent):

L'hydrolyse acide permet d'obtenir des sirops de glucose compris entre 20 et 65 de DE. (LINDEN et LORIENT ; 1994).

Nombre d'essais	DE				
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Moyenne	Normes
Le sirop de glucose	42,29	42,94	42,72	42,65	20- 65

Tableau 14 : Le DE de sirop de glucose

On peut avoir que le DE de sirop de glucose de la maïserie de Maghnia est inclus dans l'intervalle des données.

2-4: Détermination de taux des protéines :

Pour montrer que les protéines sont les responsables de la coloration de sirop de glucose, nous avons justifiées nos résultats par le dosage des protéines dans le sirop de glucose par méthode de Kjeldahl.

Nombre d'essais	Taux des protéines en %				
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Moyenne	Normes
Le sirop de glucose	0,35	0,34	0,32	0,33	Max 0,1

Tableau 15 : Le taux de protéines dans le sirop de glucose

Le tableau montre que les protéines présentent dans le sirop de glucose de l'amidonnerie de Maghnia avec un moyen de 0,33% et c'est dû certainement à l'absence de l'étape de la filtration et la décoloration dans le processus de la fabrication d'une part et la mauvaise séparation (amidon – protéines) d'autre part.

3/ Essai d'amélioration de la qualité de sirop de glucose par voie acide :

Après ces analyses de lait d'amidon et de sirop de glucose, nous avons essayés d'améliorer la qualité de sirop de glucose par un essai de la production de sirop par voie d'hydrolyse acide au niveau de laboratoire de l'amidonnerie de Maghnia pour avoir un produit incolore et qui répond aux normes.

La production se fait selon les étapes suivantes :

-L'acidification : le lait d'amidon est mélangé à de l'acide (HCl à 10%) afin d'amener la valeur de pH aux environs de 1,8-2,0 dans un convertisseur à vapeur chauffé aux environs de 160°C jusqu'au DE désiré selon la réaction suivante :



C'est pour ça on ne peut pas faire cette étape au niveau de laboratoire (vapeur 160°C) mais nous avons prendre l'hydrolysate (1litre) qui est fabriqué au niveau de la glucoserie.

Les analyses sur l'hydrolysate :

Les analyses	L'hydrolysate			
	pH	Normes	M.S	Normes
Résultats	1,81	1,8- 2,2	36	33- 36

Tableau 16 : Le taux de pH, M.S d'hydrolysate

Le pH, M.S, sont inclus dans l'intervalle des normes, ce qui facilite les étapes suivantes(MAISERIE ; 1984)

-Neutralisation : au niveau de laboratoire, l'hydrolysate est neutralisé avec de carbonate de sodium, pour éliminer l'acide libre et amener la valeur de pH à 5,15) selon la réaction suivante :



Le pH de l'hydrolysate neutralisé est entre 5,0-7,0 ; et c'est le pH de la précipitation des protéines, ce qui facilite l'étape de raffinage.

-Raffinage : ce fait par centrifugation, le raffinage permet d'éliminer les protéines et les autres impuretés, et on obtient 2phases l'une liquide c'est l'hydrolysate raffinée et l'autre solide ce sont les impuretés.

-Filtration : La solution est filtrée par papiers filtre dans une pompe à vide, on obtient une solution brun clair.

-Décoloration : Le filtrat brun clair est décoloré par un passage sur le charbon actif sous agitation, pour 1litre d'hydrolysate on ajoute 3,33g de charbon actif qui a un rôle très important dans l'adsorption des protéines solubles.

-Filtration : La solution est filtrée dans une pompe à vide avec un passage sur le Kieselguhr ou bien la terre décolorante (2,08g) pour l'absorption de charbon actif, et ce c'est ne provoque pas de modification de glucose, en fin on obtient une solution (l'hydrolysate) transparente et incolore.

-Et pour montrer le rôle de charbon actif dans l'absorption des protéines solubles de sirop de glucose nous avons déterminés les taux des protéines dans l'hydrolysate avant et après la décoloration :

	Taux des protéines en %	
L'hydrolysate	Avant la décoloration	Après la décoloration
Résultats	0,33	0,17

Tableau 17 : Le taux de protéines d'hydrolysate avant et après la décoloration

-Concentration : Elle est réalisée par évaporation sur une plaque chauffante à t° de 80°C, et à ce moment on ajoute 0,09g de bisulfate de sodium, pour empêcher la cristallisation et perfectionner la durée de la stabilité de couleur au stockage.

Le SO₂ se dégagant augmente la stabilité de couleur et l'aspect de sirop de glucose, l'évaporation se continue lorsque la matière sèche ça sera entre 80 et 85% (l'intervalle des normes).

4/Les analyses des produits finis :

Les analyses effectuées sur le sirop de glucose de l'amidonnerie, le sirop de glucose que nous avons produit au niveau de laboratoire et le sirop importé (Egypte) se limitent sur le pH, M.S, DE, le dosage des protéines, le gout, la couleur et l'aspect afin de réaliser une étude comparative sur la qualité de produit fini.

4.1/Les analyses de sirop de glucose de l'amidonnerie:

<i>Les analyses</i>	<i>Le sirop de glucose de l'amidonnerie</i>
<i>-M.S</i>	<i>82,6%</i>
<i>-DE</i>	<i>42,65</i>
<i>-pH</i>	<i>5,22</i>
<i>-Taux des protéines</i>	<i>0,33%</i>
<i>-Gout</i>	<i>Doux</i>
<i>-Couleur</i>	<i>Brune</i>
<i>-L'aspect</i>	<i>Epais et coloré</i>

Tableau 18 : Le sirop de glucose de l'amidonnerie

4.2/Les analyses de sirop de glucose de laboratoire:

<i>Les analyses</i>	<i>Le sirop de glucose de laboratoire</i>
<i>-M.S</i>	<i>80%</i>
<i>-DE</i>	<i>54,65</i>
<i>-pH</i>	<i>5, 54</i>
<i>-Taux des protéines</i>	<i>0,12%</i>
<i>-Gout</i>	<i>Doux</i>
<i>-Couleur</i>	<i>Incolore</i>
<i>-L'aspect</i>	<i>Epais et incolore</i>

Tableau 19 : Le sirop de glucose de laboratoire

4.2/ Les analyses de sirop de glucose étrange (Égypte):

<i>Les analyses</i>	<i>Le sirop de glucose étrange (Égypte)</i>
<i>-M.S</i>	<i>85%</i>
<i>-DE</i>	<i>40,21</i>
<i>-pH</i>	<i>4,35</i>
<i>-Taux des protéines</i>	<i>0,15%</i>
<i>-Gout</i>	<i>Doux</i>
<i>-Couleur</i>	<i>Incolore</i>
<i>-L'aspect</i>	<i>Épais et incolore</i>

Tableau 20 : Le sirop de glucose étrange (Égypte)

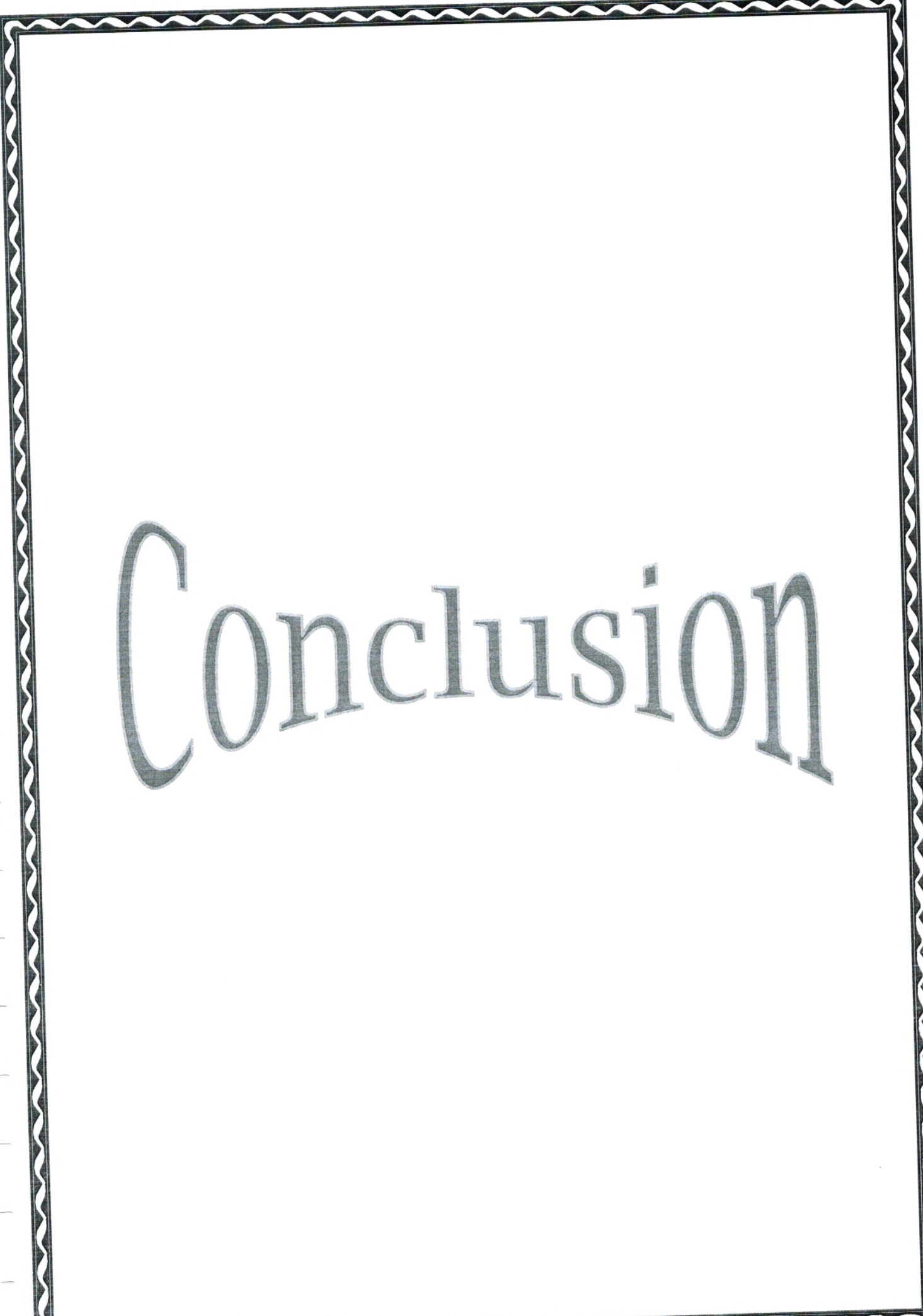
-D'après les 3tableaux on peut avoir que la M.S des trois sirops est incluse dans l'intervalle des normes (80-85%)

-Le pH des 3sirops est inclus dans l'intervalle des normes.

-Le DE de sirop de l'amidonnerie, et le sirop importé (Égypte) ne pas dépassé 50DE, alors que le sirop de glucose de laboratoire a un DE de 54,65 et ce c'est n'a aucune influence sur le gout et la couleur de sirop.

-Le taux des protéines dans le sirop de glucose de l'amidonnerie est plus élevé 0,33%, par contre dans le sirop de glucose que nous avons produit et le sirop étrange les résultats sont très proches de l'intervalle des normes.

-Le sirop de glucose étrange (Égypte) et le sirop de laboratoire se présentent sous l'aspect d'un sirop épais et incolore par contre le sirop de l'amidonnerie présente une couleur brune.

A decorative border with a repeating zigzag pattern surrounds the page.

Conclusion

Conclusion

-Notre travail, effectué à l'amidonnerie de Maghnia a pour but d'améliorer la qualité de sirop de glucose produit au sein de cette entreprise.

-Le sirop de glucose de l'amidonnerie de Mghnia présente un aspect coloré dû certainement à une absence de raffinage (décoloration industrielle).

-Notre contribution est d'essayer d'améliorer la qualité de sirop de glucose et d'avoir un sirop épais incolore et qui repend aux normes.

-Nos déférents analyses effectuées sur le sirop de glucose produit à l'amidonnerie qui présente un aspect coloré afin de mettre en évidence les causes des inconvénients de la qualité, et en fin nous avons faire un essai d'amélioration de la qualité de sirop par voie chimique au niveau de laboratoire, et nous avons obtenir un sirop épais incolore et repend aux normes.

-En fin, on a réalisé une étude comparative entre le sirop de glucose de l'amidonnerie, le sirop de laboratoire et le sirop étrange, dont les résultats imposent les remarques suivantes :

-Le sirop de glucose de laboratoire et le sirop étrange (Egypte) se présentent sous l'aspect d'un sirop épais et incolore alors que le sirop de l'amidonnerie présente un aspect coloré après un hydrolyse chimique.

-le dosage des protéines par méthode de Kjeldahl dans les 3sirops a montré l'existence des protéines dans le sirop de l'amidonnerie avec une proportion plus élevé par apport les normes, ce qui explique la mauvaise séparation protéines-amidon d'une part et l'absence de raffinage (décoloration) de l'hydrolysat d'autre part.

-D'après cette étude, on a remarqué que la qualité du produit fini (le sirop de glucose) est influencé par la qualité de la matière première d'une part et le processus de la production en particulier au cours de la séparation amidon-protéines et la décoloration.

Références bibliographiques

- 1- **ADRIAN J et al**; 1998 : « Introduction à l'analyse nutritionnelle des denrées alimentaires ».Ed.Tech. et Doc.Lavoisier, France.P 47-48.
- 2- **AUDGIE et al**; 1984 : « Manipulation d'analyses biochimiques », Paris.
- 3- **ANONYME** ; 2002 : « Les céréales, valeur alimentaire des grains ». In www.google.com
- 4- **ANONYME** ; 2003 : « Le fabuleux voyage du maïs, La culture du maïs ». In www.google.com.
- 5- **AGPM** ; 1983 : « Les industries du maïs » ; association générale des producteurs de maïs, Pau, France.
- 6- **BELAID J** ; 1986 : « Aspect de la créaculture Algérienne », OPU, Alger
- 7- **BENOIT S** ; 2003 : « Céréales à vocation multiple », Paris. In www.google.com
- 8- **BURJE R, M et DUENSING W, J**; 1989: « Processing and dietary fiber ingredient application of corn bran », *Cereu/Food Worl* P 1.34:535-538.
- 9- **CLAYTON T.A, MAC MURRAY T.A et MORRISON W**; 1970:"Identification of wheat floor lipids by thin layer chromatography". P 47, 277-311.
- 10- **DORMAT A**; 1972: "La rousse de la médecine ".France, P 205-208
- 11- **DZIE DZIC et KEARSLE Y** ; 1984 : « Physico-chimical properties of glucose syrups », sciences and technology, P 117-168,London
- 12- **FAVIER J, C**; 1989: "Céréales en régions chaudes »; AUPELF- UREF, Eds John Libbey Eurotext, P 285-297
- 13- **GALINAT W.C**; 1988:" The origin of corn",Eds. Corn and corn improvement. Agronomy Monographs pp. 1-31. American Society of Agronomy,Madison, Wisconsin.
- 14- **GAY J, P**; 1984: « Fabuleux maïs, histoire d'une plante » .Ed.Ass.Gener.Prod.Mais, Paris, P 284
- 15- **GERARD C et al**; 1998 : « Biscuits et biotechnologies », EIBE : European Initiative for Biotechnology Education, P 10-29.
- 16- **GIRARDIN P.**, 2000 - Les mécanismes de la photosynthèse. In "Ecophysiologie du maïs" AGPM, p65-68
- 17- **GODON B** ; 1991 : « Biotransformation des produits céréaliers », P 48
- 18- **GODON B** ; 1996 : « Protéines végétales ».Ed.Tech.Et Doc.Lavoisier.France, P 363
- 19- **GODON B et WILLIM C**; 1991: « Les industries de première transformation des céréales », Ed, Tech. Et Doc. Lavoisier, France, P 79-84, 379-410.
- 20- **GOULD F, W**; 1968: "Grass systematic" p1-382.

- 21- LAPEYRONIE A; 1982: « La production fourragère méditerranéenne » ;
Tome I, Paris .P 222.In www.google.com
- 22- LAUMONIER ; 1979 : « Culture légumière et maraîchère », encyclopédie
agricole, Tome II.Ed.J-B Baillière, France.P 257.
- 23- LE BRAS A ; 1983 : « Bien stocker le maïs c'est aussi conserver sa qualité
amidonnière ». Producteur agricole français, Sept.N° 235, Paris, P25
- 24- LINDEN G et LORIENT D ; 1994 : « Biochimie agroindustrielle :
valorisation alimentaire de la production agricole ». Ed.Masson, Milan Barcelone,
P51, 241, 242,252-254.
- 25- LIYOD *et al*; 1984 : « Glucose and fructose containing sweeteners from
Starch » 611-660.Acadimic Press, Londress.
- 26- LUVEN P; 1993: " Le maïs dans la nutrition humaine ».Rome Italie. In
www.google.com
- 27-MAISERIE ; 1984 : « Manuel des méthodes d'analyses ».Laboratoire
centrale, Upc-Mais-Maghnia.
- 28-MOHTADJI C *et* LAMBALLAIS ; 1989 : « Les aliments », France.P 127
- 29- MULTON J, L ; 1999 : « La qualité des produits alimentaires: politique,
incitations gestion et contrôle ».
- 30- Rapport du groupe de travail PNNS sur les glucides, partie 2 ; 2007
- 31- ROBERT A ; 1985 : « Bonbons et friandises ». Paris: Hatier.
- 32- SABBA Z ; 1992 : « Contribution à l'étude de la qualité amidonnière de trois
variétés de maïs - effet de séchage ».Thèse de CQA, Tlemcen.
- 33- SANSTEND *et al*; 1978: « Influence of dietary fiber on trace element
balance"; J.Clim Num, 13:5180
- 34-SCRIBAN R; 1988: "Les industries agricoles et alimentaires",France,In
www.google.com
- 35- SERRE M; 1999: " Saveurs du monde -le maïs" .France.In www.google.com

Résumé:

Les sirops de glucose sont des solutions aqueuses renfermant une forte teneur en sucre dérivé de l'amidon, ils sont obtenus par hydrolyse acide ou enzymatique de l'amidon, Il est indispensable d'éliminer les protéines, les matières grasses, les matières colloïdales, ainsi que les matières insolubles du sirop obtenu.

Le sirop de glucose se présente sous l'aspect d'un sirop épais, incolore et transparent et c'est sous cette forme qu'il est utilisé.

Le sirop de glucose de l'amidonnerie de Mghnia présente un aspect coloré

Notre contribution est d'essayer d'améliorer la qualité de sirop de glucose et d'avoir un sirop épais incolore et qui repend aux normes.

Dans un premier temps, nous avons analysé le lait d'amidon (matière première) et le sirop de glucose (produit fini) afin de mettre en évidence les causes des inconvénients de la qualité,

Et ensuite nous effectuons l'hydrolyse de l'amidon pour l'obtention de sirop de glucose par la voie chimique.

D'après ce travail, on a remarqué que la qualité du produit fini (le sirop de glucose) produit à l'amidonnerie de Maghnia est influencé par la qualité de la matière première d'une part et le processus de la production en particulier au cours de la séparation amidon-protéines et la décoloration.

Mots clés : Maïs, lait d'amidon, Sirop de glucose, L'hydrolyse acide, L'hydrolyse enzymatique,