

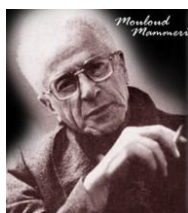
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté de Sciences Biologiques et des Sciences
Agronomique

Département des Sciences Agronomiques



Mémoire

de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master

En Transformation et conservation des produits agricoles

Thème

*Évaluation de la couleur de la semoule au cours
de la grenaison et de la pastification*

Devant le jury :

Président: Mr SITAYEB, H. Maitre de conférences à l'UMMTO.

Promoteur: Mr YESLI, A. M.A.C.C à l'UMMTO.

Examineurs:

Mr SADOUDI, R. Maitre de conférences à l'UMMTO.

Mr BENGANA, M. M.A.C.C à l'UMMTO.

Présenté par :

M^{elle} TEBRI Miassa

M^{elle} ZEGGANE Leila

Promotion 2015-2016

Remerciements

Nous tenons en premier lieu à remercier le bon Dieu de nous avoir donné la chance d'y exister, le courage et la patience pour réaliser ce mémoire.

Nous remercions profondément notre promoteur **Mr Yesli A** pour avoir dirigé ce mémoire et pour qui nous exprimons toute notre reconnaissance pour son aide, son soutien, sa disponibilité et ses conseils pertinents tout au long de ce travail.

Nous remercions également les membres du jury pour avoir accepté de juger ce travail.

Nous remercions **Mr Zeggane T**, gérant de l'unité **SARL MIS**, ainsi le co-gérant. Ainsi tout le personnel de cette unité.

Nous remercions **Melle Mahmoud R**, ingénieur de laboratoire **MIS**, et les ingénieures de laboratoire de **L'UMMTO** pour leur aide, leur sympathie et leur soutien tout au long de notre stage.

Nous remercions **Mr Metna** pour son aide précieuse.

Des remerciements particuliers à nos parents pour leur grand soutien

Nous remercions tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin, nos vifs remerciements.



Dédicaces



*A ceux qui m'ont tout donné sans
rien en retour*

A ceux qui m'ont encouragé et soutenu dans mes moments

Les plus durs et ceux à qui je dois tant

A mes parents Rachid et Salîha pour leur amour et leur support

Affectif

A mon adorable frère Ferhat et mes très chères sœurs

Mekioussa, Zoulikha, Badia

A mes grand parents Amar et Mekioussa et Ghenima

A mes oncles et leurs familles

A ma chère tante Ouiza et son mari et mon cousin Rachid

A toutes mes cousins(e)

A tous mes amis(e): Mino, Moh et Alouiz

A ma très chère binôme Leila

*Que ce travail soit le symbole de ma reconnaissance de leur amour
infini*

A votre bénédiction la plus sainte

Je présente mon travail

MIASSA





Dédicaces



*Je dédie ce modeste travail à tous
ceux qui me sont chères :*

*A ma chère mère qui a été toujours proche de moi et qui ma donner
le courage de continuer jusqu'au bout.*

Que Dieu l'accordé santé et prospérité.

*A mes chers frères, Salem et sa femme Lilya Djaffar, Hamid, et
Ma sœur Nadia : pour leurs soutient durant mon parcours d'étude.*

A ma très chère amie et binôme Miassa.

Et à mes chères amies : Moh et Louiza, Mino, Amar.

A tous mes amis et tous ceux qui me connaissent.

LEILA



Liste des acronymes

ANOVA :	Analyse de la Variance.
AFNOR:	Association Française de Normalisation.
AW :	Activité de l'eau
CV :	Coefficient de Variation
ET:	Ecart-type.
FAO:	Food Agriculture Organization.
G:	Gonflement.
GH :	Gluten Humide.
GS :	Gluten Sec.
I J :	Indice de Jaune
INRA	Institut National de Recherche Agronomique.
ISO :	Organisation Internationale de Standardisation.
JORA	Journal Officiel de la République Algérienne.
MIS :	Moulin Industrielles de Sebaou.
MS :	matière sèche.
NA :	Normes algériennes.
NF:	Normes Françaises.
PC :	Perte à la Cuisson.
PHL :	Poids à l'Hectolitre.
PS :	Poids Spécifique.
SARL :	Société à Responsabilités limitées.
SDS:	Sodium Diodecyl Sulfate.
SSSF (3SF) :	Semoule Supérieur Super Fine.
SE :	Semoule Extra
SGM :	Semoule Grosse Moyenne
SG :	Semoule Grosse
T :	Temps de cuisson.
TA :	Taux d'affleurement.

Liste des figures

Figure1 :schema d'un grain de blé (Barron <i>et al</i> , 2012)	2
Figure2 : Diagramme général de la fabrication industrielle de pâtes (Jeantet, 2007).....	12
Figure3 :Schéma de la fabrication industrielle du couscous.....	18
Figure4 : Courbe granulométrique de semoule en fonction des ouvertures des mailles.....	35
Figure5 : couleur des pâtes après cuisson.....	37
Figure6 : L'état de surface des pâtes avant et après cuisson.....	41
Figure7 : Courbe de gonflement du couscous en fonction du temps	43
Figure8 : Courbe granulométrique du couscous en fonction d'ouvertures des mailles	44
Figure9 : couscous avant et après cuisson.....	45

Liste des tableaux

Tableau I : Les différentes semoules consommées en Algérie (Ben Belkacem et al, 1995).....	8
Tableau II : Composition biochimique des semoules (Fredot, 2006).....	9
Tableau III : Composition physicochimique du couscous (Yesli, 2001).....	19
Tableau IV : caractéristiques physiques et chimiques des blés durs commerciaux :.....	30
Tableau V : Caractéristiques physicochimiques et technologiques des semoules.....	33
Tableau VI : Granulométrie de la semoule.....	34
Tableau VII : résultats d'analyses effectuées sur les pâtes.....	38
Tableau VIII : résultats de test de cuisson	38
Tableau IX : Résultats d'analyses physicochimiques du couscous	42
Tableau X : Granulométrie de couscous.....	43
Tableau XI : Test de NEWMAN-KEULS pour l'humidité.....	46
Tableau XII : Test de NEWMAN-KEULS pour le taux de cendres.	47
Tableau XIII : Test de NEXHMAN-KEULS pour l'indice de jaune.....	47

Sommaire

INTRODUCTION.....	1
Partie I Synthèse Bibliographiques	2
Chapitre I :Généralité sur le blé dur	2
Chapitre II :La Semoule	7
Chapitre III :Pâtes Alimentaires.....	11
III-1- Définition	11
III-2-Procédés de fabrication des pâtes alimentaires.....	11
III-3- Qualité finale des pâtes alimentaires	15
Chapitre IV :Le couscous	17
IV-1-Définition	17
IV-2-Notion de la qualité	17
IV-3-Procédé de fabrication de couscous	17
IV-4-Composition physicochimique du couscous	19
IV-5- La qualité finale de couscous	19
Partie II :Partie expérimentale.....	22
Chapitre II :Matériel & Méthodes.....	23
II-1- Matériel végétal	22
II-2- Méthodes d'analyses	22
II-2-1- Analyses sur le blé dur	22
II-2-2- Analyse des semoules	24
II -2-3- Analyse des pâtes	26
II -2-4- Analyses du couscous	28
II -2-5- Analyses statistiques.....	29
Résultats & Discussion.....	30
II-1-Caractéristiques physiques et chimique des blés commerciaux:	30

II-2-Characteristiques physicochimiques et technologiques des semoules	32
II-3-Characteristiques physicochimiques des pâtes alimentaires	36
II-4-Characteristiques physicochimiques et technologiques des couscous	40
II-5-L'analyse statistique	46
Conclusion générale	49

Introduction Générale

Introduction Générale

La céréaliculture est la principale composante de la production végétale. Elle occupe une place prépondérante dans l'alimentation humaine et animale (Allaya et Rucheton, 2006). Le blé dur demeure la matière première pour la fabrication des pâtes alimentaires et du couscous, en raison de ses qualités technologiques (vitrosité de l'albumen, finesse des enveloppes, teneur élevée en protéines et en pigments caroténoïdes et ténacité du gluten après traitement) (Anonyme, 2000). La concentration en pigments jaunes dans le blé dur est un critère dans l'appréciation de la qualité de la semoule ; elle est déterminée la qualité commerciale et alimentaire des produits tels que les pâtes et les couscous (Borrelli *et al.*, 2003). L'évolution de la consommation de pâtes alimentaires en Algérie provient de la diversification de leurs formes, de leurs couleurs, de leurs facilités de préparation, mais aussi et surtout de leurs coûts qui restent très raisonnables. Cette augmentation dans la consommation, montre en effet, l'intérêt de produire des variétés alliant à la fois les critères technologiques (Petitot *et al.*, 2009) et organoleptiques dont la couleur jaune est généralement plus préférée par les consommateurs qu'à la couleur marron ou crème de la semoule (Abecassis et Chaurand, 1997). Plusieurs procédés analytiques ont été développés pour évaluer la concentration des pigments jaunes dans la semoule de blé dur et des pâtes alimentaires (Fратиanni *et al.*, 2005). Actuellement; les pigments jaunes sont analysés soit par la méthode AACC méthode 14-15, (AACC, 2000) ou par le dosage direct du beta carotène, pigment majoritaire dans les céréales (Fares *et al.*, 1991).

L'objectif de cette étude est de rechercher les causes de la baisse de la couleur des couscous observée par rapport à celle des pâtes fabriqués avec la même semoule de départ dans une unité industrielle. Pour cela, nous avons entrepris de quantifier la couleur jaune des semoules, des grains de couscous au cours de la grenaison et de séchage, dans l'optique de fournir des indications sur les solutions à entreprendre pour l'obtention de couscous de couleur jaune ambrée.

Partie I

Synthèse Bibliographique

Chapitre I

Généralités sur le blé dur

I-1-Définition et classification botanique :

Le blé dur (figure 1) appelé aussi « *Triticum durum* » est une monocotylédone qui appartient à la famille des *Gramineae*, C'est une céréale annuelle dont le fruit appelé caryopse ou akène, est constitué d'une graine unique, intimement soudée à son péricarpe (Boullard, 1997). Génétiquement, le blé dur est une espèce tétraploïde avec 14 paires de chromosomes regroupées sous les génomes A et B; provenant du croisement naturel entre *Aegilops* et *T. monococcum* (Feillet, 2000). Morphologiquement, le blé dur se distingue du blé tendre par un grain allongé (6 à 9 mm de longueur et 2,2 à 3,2 mm d'épaisseur), un sillon ouvert, des enveloppes blanches ambrées et surtout par une amande très vitreuse, résistante à l'écrasement (Franconie, 2010).

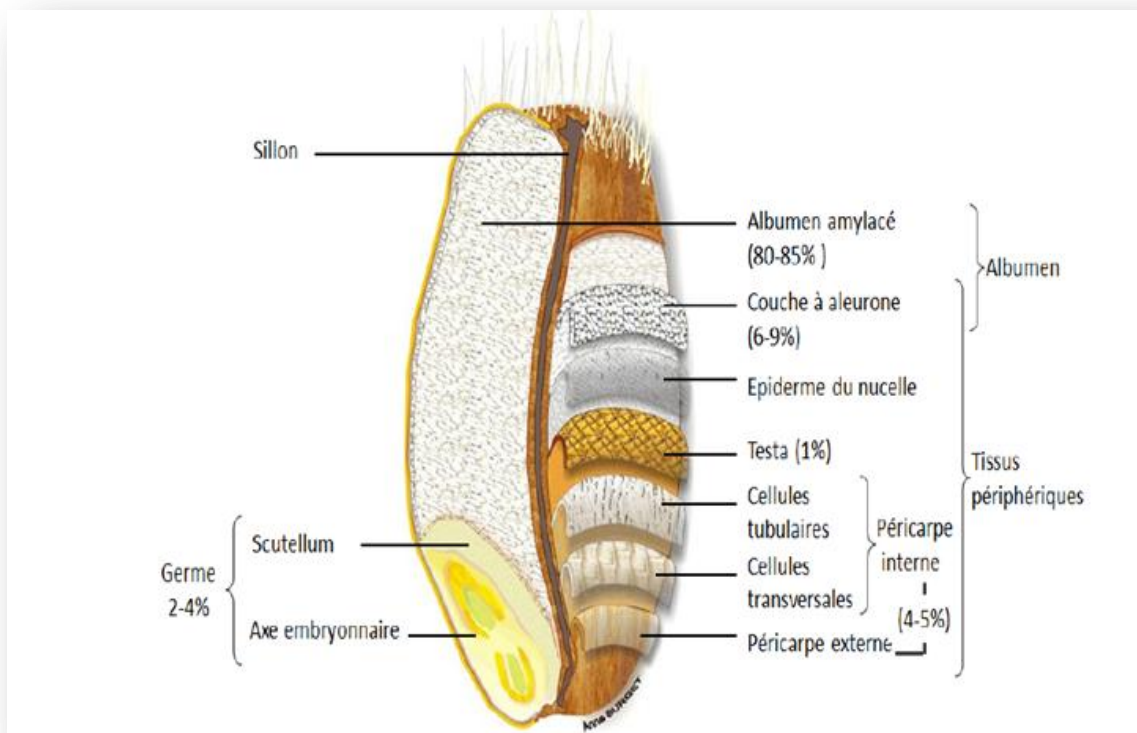


Figure1 :Schéma d'un grain de blé (Barron *et al.*, 2012)

I-2- Composition biochimique :

La composition biochimique du grain de blé joue un rôle déterminant dans la qualité des produits qui en dérivent. Il contient par ordre d'importance : de l'amidon, des protéines, des fibres, des lipides, des minéraux, des enzymes, des vitamines et des pigments. Cette composition est sous la dépendance du climat, de la variété, de la nature du sol et des techniques culturales (Boudreau et Menard, 1992).

I-2-1- L'amidon

Principal constituant du grain de blé et de l'albumen amylicé (67-68% et 78-82% respectivement). L'amidon est composé de 2 macromolécules, l'amylose et l'amylopectine qui se répartissent dans des granules subdivisés en 2 catégories:

- Gros granules (10 à 30 µm) lenticulaires et minoritaires en nombre.
- Petits granules (1 à 10 µm) sphériques majoritaires en nombre.

La répartition de ses granules est directement liées au rapport amylose/ amylopectine de l'amidon (Masseaux *et al.*, 2006).

I-2-2- Les protéines :

Second constituant après l'amidon, elles forment 8 à 18% de la matière sèche, et se répartissent de manière inégale entre les différentes couches histologiques du grain (12% dans l'albumen amylicé, 30% dans la couche à aleurone et 31% dans le germe). Les protéines jouent le rôle de charpente de la pâte, elles sont responsables à la fois de l'extensibilité, de la ténacité, de l'élasticité et de la cohésion de la pâte. Osborne (1907), a montré que les protéines du blé sont réparties en quatre classes principales qui sont : les albumines, les globulines, les prolamines (gliadines) et les gluténines. Selon leurs caractères de solubilité, on distingue d'une part les albumines et les globulines regroupées sous le nom de protéines solubles, et d'autre part, les protéines du gluten ou protéines de réserve (gliadines et gluténines), qu'elles restent insolubles.

I-2-2-1- Les protéines solubles :

Appelées protéines cytoplasmiques ou métaboliques, elles présentent 15 à 20% des protéines totales. Ce sont des protéines globulaires, pauvres en acide glutamique et en proline mais riches en acides aminés basiques (Alais *et al.*, 2003).

❖ **Les albumines** :(environ 15% des protéines totales) :

Solubles dans l'eau et les solutions salines diluées, les albumines sont essentiellement concentrées à la périphérie du grain et dans le germe. D'un poids moléculaire allant de 5000 à 30000 daltons (Feillet, 2000).

❖ **Les globulines** :(environ 5% des protéines totales) :

Solubles en milieu salin neutre, elles se concentrent comme les albumines dans les parties périphériques du grain. D'un poids moléculaire compris entre 20000 et 90000 daltons (Feillet, 2000).

I-2-2-2- Les protéines de réserve (80 à 85% du matériel protéique total) :et se composent :

❖ **Les prolamines** :

Également appelées gliadines, elles constituent 30 à 40% des protéines totales (Feillet, 2000).Ce sont des protéines solubles dans l'éthanol aqueux à 70% et ont un poids moléculaire de 30000 à 80000 daltons (Alais *et al.*,2003). Elles se concentrent surtout dans l'amande du grain de blé et confèrent au gluten ses propriétés viscoélastiques (Morot-Gaudry, 1997).

❖ **Les gluténines** :

Elles constituent de 40 à 55% des protéines totales, ce sont des protéines résiduelles, solubles dans les solutions d'acide ou d'alcalis (Dacosta, 1986).Leur poids moléculaire peut varier entre 10000 et 3 millions daltons (Jeantet, 2007).On retrouve les gluténines principalement dans l'albumen du grain, elles confèrent au gluten ses caractéristiques élastiques, sa cohésion et sa résistance aux déformations (Jeantet, 2007).Les gliadines et les gluténines, en association avec d'autres constituants (lipides, glucides, matières minérales) forment un complexe ayant des propriétés viscoélastiques appelé « Gluten ».

I-2-3- Glucides non assimilables (fibres) :

Les grains de céréales contiennent une série de structures des parois cellulaires qui sont une source de polysaccharides non amylacés, et sont les principaux composants des fibres alimentaires (Garrow *et al.*, 2000).Parmi ces fibres :

- **Les pentosanes** : Sont des hémicelluloses non amylacés constitutifs des parois végétales (Feillet, 2000).

- **La Cellulose :** Est un homopolysaccharide linéaire. Les unités de D-glucose sont unies par des liaisons-glycosidiques (β 1-4), chaque unité de glucose est liée à la suivante par une rotation de 180° et l'atome d'oxygène du cycle de l'une est uni par une liaison hydrogène au groupement hydroxyle en C-3 de la suivante (Moussard, 2006).

- **La lignine :** Est un polymère tridimensionnel composé d'unités de phénol avec de fortes liaisons intramoléculaires (Groppe *et al.*, 2009). Les lignines dans les parois des cellules végétales sont physiquement et chimiquement associées aux polysaccharides et aux protéines. L'association entre la lignine et les polysaccharides comprend des liaisons : glycosidiques, liaisons éther-cross, liaisons ester-cross et assemblage d'acide cinnamique (Tingshuang *et al.*, 2002).

I-2-4- Lipides :

Les lipides du blé sont un mélange complexe de composants. Ils sont inégalement répartis dans les différentes parties du grain de blé. Le tiers de la fraction lipidique total est situé dans le germe. Plus de 20 classes de lipides existent dans le grain de blé et peuvent être divisées en deux groupes, les lipides polaires et non polaires. Les triglycérides sont les principaux lipides non polaires qui représentent environ 50% des lipides non polaires totaux dans le blé. Ils sont déposés en sphérosomes (gouttelettes d'huile) délimités par une membrane monocouche (Feillet, 2000).

Les restes sont principalement des mono et des diglycérides, des esters de stérols et des acides gras libres. Les principaux composants des lipides polaires sont les glycolipides et les phospholipides. Les principaux glycolipides dans le grain entier et l'albumen amylicé sont les monogalactosyldiglycérides et les digalactosyldiglycérides, avec des petites quantités de lipides monoacyles. Les phospholipides majeurs sont les phosphatidylcholines, les phosphatidyléthanolamines et les phosphatidylinositol (Haard *et al.*, 1999).

I-2-5- Vitamines et Minéraux :

Selon Vierling (2008), la seule vitamine liposoluble présente dans le grain de blé est la vitamine E. La vitamine C est quasi absente. Le blé est aussi une source en vitamines du groupe B qui sont inégalement réparties dans les différentes parties du grain. Les minéraux formant une petite partie du grain de blé, et en proportion encore plus faible dans l'album en moins de 1% (Matz, 1991). Le blé contient du fer, du magnésium, du manganèse, du cuivre et du zinc etc. Ces constituants sont distribués principalement dans les couches extérieures et dans le germe (Manay et Shadaksharaswamy, 2001).

I-2-6- Enzymes du blé :

Les enzymes des grains de blé sont des protéines qui exercent une activité catalytique spécifique d'un très grand nombre de réactions chimiques. Les principaux facteurs du milieu qui contrôlent leur fonctionnement sont la température, le pH et l'activité de l'eau (Feillet, 2000). On compte par ordre d'importance (Godon, 1991) :

- a) **-Les amylases ou diastases :** Composées de l'alpha amylase et de beta amylase, qui lors de fermentation panaire, transforment l'amidon en dextrine puis maltose et glucose.
- b) **-Les protéases :** Les protéases qui attaquent les protéines du gluten.
- c) **Les lipases :** Hydrolyse les lipides du germe en libérant les acides gras qui font diminuer le pH de la semoule.

II-3- Valeur d'utilisation :

La notion de qualité est complexe, elle est conditionnée par les habitudes alimentaires, les spécificités des blés et les technologies de transformation utilisées (Mebtouche, 1998).

I-3-1- Qualité physique:

I-3-1-1- Le poids spécifique :

C'est un caractère variétal, qui dépend aussi des conditions de culture et de récolte, est un bon indicateur du mode d'élaboration du rendement et des problèmes rencontrés par la plante lors de son développement ainsi qu'il est un bon indicateur du rendement semoulier et meunier.

I-3-1-2- Le mitadinage :

Pour répondre aux besoins de l'industrie, le blé dur doit être vitreux et non farineux, c'est-à-dire présenté peu de mitadin. Sur le plan technologique, les blés durs mitadinés entraînent une baisse du rendement semoulier, leur amande étant plus friable que celle d'un blé vitreux et ont tendance à désagréger en farine au lieu d'éclater en petits morceaux appelés «semoules» (Godon et Loisel, 1997) ; cependant, l'évolution de la semoulerie vers la fabrication de produits de plus en plus fins réduit l'incidence négative du mitadinage (Feillet, 2000).

I-3-1-3- La moucheture :

La moucheture est spécifique au blé dur, et se caractérise par des taches brunes à noire sur le grain de blé à maturité, dépréciant l'aspect des pâtes alimentaires par l'apparition de piqûres noire à la surface des produits finis. L'origine de ces taches est encore à l'étude.

Chapitre II

La Semoule

II-1-Procédé de première transformation (semoulerie) (Gonzalez, 2004) :**II-1-1-Reception et stockage de blé :**

Avant d'être stocké en silos, le blé est réceptionné, analysé et pré-nettoyé. Le pré-nettoyage assure l'élimination des gros déchets à savoir le sable, les pierres, pailles, etc.

II-1-2-Le nettoyage :

Elle est de loin l'étape la plus importante du processus durant laquelle diverses impuretés et grains étrangers doivent être éliminés selon leur forme, dimension, densité et le poids. Cette étape doit être efficace du fait de la similitude entre la dimension des particules des semoules et celles des impuretés.

II-1-3-Le conditionnement :

Il consiste en une humidification et un repos du blé. Il est effectué en deux étapes :

- La première modifie la structure de l'endosperme.
- La seconde prépare les enveloppes avant mouture.

Le conditionnement est effectué dans le but de modifier la structure de l'endosperme et des enveloppes et d'obtenir un haut rendement semoulier et du son exempt d'amande, avec une consommation minimale en énergie.

La quantité d'eau ajoutée et le temps de repos dépendent de :

- L'humidité initiale du blé.
- La température, la structure et la texture de l'endosperme.

L'humidité finale du blé dur avant mouture doit être de 15 à 15.5%.

II-1-4-La mouture proprement dite :

La mouture du blé dur a pour objectifs :

- Atteindre un haut rendement lors de la trituration.
- Satisfaire les besoins et les exigences des clients.

Le blé ainsi conditionné passe dans une succession d'appareils à cylindres cannelés (broyeurs) visant à réduire sa dimension et séparer l'amande des enveloppes, alors que les convertisseurs et claqueurs (désagrégeurs) visent à réduire la granulométrie des semoules. Les convertisseurs

permettent de récupérer les farines basses à partir des produits résiduels contenant encore des traces d'amande mais qui ne peuvent plus donner des semoules vêtues. La semoule est extraite exclusivement à partir des sasseurs.

II-1-5-Produits de mouture du blé dur :

A l'issu de la mouture, trois produits principaux sont obtenus :

- **La semoule :** Consistes-en des fragments d'amandes dont la taille des particules est supérieure à 150 μ m.
- **La farine de blé dur :** Considérée comme un sous-produit de la mouture, se caractérise par une granulométrie inférieure à 180 μ m, appelé aussi SSSF (semoule supérieur super fine) ou gruaux
- **Le son :** Morceaux d'enveloppes de taille variables allant de 0.5a 1mm.

II-2-Definition légale de la semoule:

La semoule de blé dur est le produit obtenu à partir de grains de blé dur, nettoyés et industriellement purs (JORA, 2007). Le terme semoule désigne à la fois le produit intermédiaire qui servira à la préparation des pâtes alimentaire et du couscous, mais aussi l'aliment consommable en l'état permettant notamment la préparation de potage ou d'enterrement (Abecassis, 1996). Il n'existe pas un seul mais plusieurs types de semoules définis principalement d'après leur granulométrie qui varie en fonction du marché et des usages locaux. Les différentes catégories de semoules commercialisées en Algérie sont données dans le tableau I.

Tableau I : Les différentes semoules consommées en Algérie (Ben Belkacem *et al.*, 1995)

Type de semoule	Granulométrie (μ m)	Destination
SE (semoule extra)	150 à 500	Fabrication des pâtes alimentaires
SGM (semoule grosse moyenne)	500 à 800	Vendues en l'état pour l'utilisation ménagère (couscous, galettes...)
SG (semoule grosse)	>800	Destinée essentiellement à la fabrication du couscous gros.

II-3-Composition biochimique :

D'après Boudreau et Menard (1992), les semoules issues de l'endosperme amylicé (albumen), jouent un rôle déterminant dans la fabrication des produits à base de blé dur.

Elles contiennent en ordre d'importance : l'amidon, les quatre classes de protéines (albumines, globuline, gluténines et gliadines), les lipides, les sels minéraux et les enzymes (tableau II). La composition biochimique des semoules dépend du taux d'extraction et revêt une grande importance pour les pastiers qui préfèrent la semoule issue d'un blé dur sain et vitreux, de granulométrie homogène, de couleur uniforme et un minimum de piqures.

Tableau II: Composition biochimique des semoules (Fredot, 2006).

Eléments minéraux	Teneur en (mg/100g)	Vitamines	Teneur en (mg/100g)	Principes énergétiques	Teneur en (mg/100g)	Calories	Fibres
P	143	B ₁	0.2	Les protéines	12.6	1455KJ 350kcal	4g
Ca	20	B ₅	0.44	Les lipides	1.2		
Mg	40	B ₆	0.13	Les glucides assimilables	70.4		
K	193	Pp	2.7				

II-4- Valeur d'utilisation :

La valeur semoulière d'un blé dur, définie comme l'aptitude à donner un rendement élevé en semoule de pureté déterminée (Abecassis, 1991), elle dépend de conditions de culture et de récolte et aussi des facteurs variétaux et agronomiques

II-4-1- Valeur semoulière :

La valeur semoulière d'un blé dur dépend :

- du rapport albumen/ enveloppes
- de la friabilité de l'albumen
- de la facilité de séparer l'albumen et les enveloppes.

On considère souvent que la proportion d'enveloppes est d'autant plus grande que le poids du grain est petit. Mais cette affirmation doit être nuancée car aucune étude n'a permis de conclure que toutes les variétés à petits grains-ont une valeur semoulière systématiquement inférieure (Abecassis, 1991). Par contre, un faible poids de 1000 grains consécutif à l'échaudage a toujours des conséquences désastreuses sur le rendement semoulier. La densité des enveloppes étant inférieure à celle de l'albumen. On apprécie souvent ce degré

d'échaudage par la mesure du poids à l'hectolitre. Le taux de mitadinage rend compte des proportions d'amande farineuse et vitreuse. L'influence défavorable exercée par un fort taux de mitadinage sur le rendement en semoule n'est guère discutée. Toutefois, son incidence réelle aurait tendance à s'estomper avec l'évolution de la semoulerie vers des produits de plus en plus fins. D'autre part. Il n'est pas le seul facteur de la friabilité du grain car la texture de l'amande vitreuse joue un rôle non négligeable. La facilité de séparation de l'albumen et des enveloppes traduit la difficulté rencontrée par le semoulier à « épuiser » convenablement les sons rappelons enfin que la réglementation française associe la pureté des semoules (taux de contamination de l'albumen par des produits issus des enveloppes et de la couche à aleurone) à leur teneur en matières minérales. Mais la seule connaissance du taux de cendres ne permet pas de chiffrer avec précision le taux d'extraction de la semoule correspondante car tous les blés durs n'ont pas la même teneur en cendres, ni la même répartition des matières minérales à l'intérieur du grain (Abecassis et Feillet, 1985). Pour éviter de pénaliser injustement les blés durs davantage minéralisés que d'autres, de nouveaux critères de pureté ont été proposés comme le dosage des constituants pariétaux (acide férulique) (Icard-Vernière, 1999).

II-4-2- Valeur pastiere :

La valeur pastiere rassemble deux notions bien distinctes, d'une part L'aptitude des semoules à être transformées en pâtes et d'autre part l'aspect des pâtes cuites ; L'aspect des pâtes alimentaires est déterminé par plusieurs facteurs comme la moucheture (Anonyme, 2006) et les indices de coloration, outre la teneur en protéines et la qualité du gluten qui est l'un des facteurs biochimiques liés à la qualité pastiere. La valeur pastiere est évaluée par la teneur en gluten et, laquelle est associée à la notion de qualité culinaire des pâtes.

Les différences de qualité sont liées à la quantité et à la qualité du gluten et sont sous la dépendance de plusieurs critères dont : la capacité de fixation d'eau ; le temps et les pertes à la cuisson (D'Egidio *et al.*, 1990)

II-4-3-La valeur couscoussière :

La valeur couscoussière d'une semoule se caractérise par une teneur en protéines (10.5% sur base humide) et un taux d'acidité conforme aux normes internationales (Armand et Germain, 1992), une granulométrie homogène, de couleur jaune et une capacité d'absorption d'eau à chaud et à froid élevée (Guezlane et Abecassis, 1991).

Chapitre III

Pâtes Alimentaires

III-1- Définition :

On désigne sous le nom de pâtes alimentaires des produits prêts à l'emploi culinaire, préparés par pétrissage, sans fermentation, de semoule de blé dur, additionnée d'eau potable et soumise à des traitements physiques appropriés tels que : extrusion, laminage, séchage, leur donnant un aspect consacré par les usages (Vierling, 2003).

III-2-Procédés de fabrication des pâtes alimentaires :(figure 2)**III-2-1- Hydratation :**

Selon Smith (2004), les pâtes alimentaires sont fabriquées en mélangeant de l'eau, éventuellement des œufs et de la semoule. Dans les usines modernes les proportions d'ingrédients sont contrôlées automatiquement grâce à des doseurs, qui déterminent la quantité d'eau à ajouter pour une quantité optimale de pâte alimentaire.

On cherche par cette étape d'hydratation à ramener l'humidité de la semoule, qui est initialement aux environs de 14-14,5% de la matière sèche, à une humidité finale allant de 30 à 35% de la matière sèche ; ainsi la quantité d'eau ajoutée se calcule par rapport à l'humidité initiale selon la formule suivante :

$$E = m \times \frac{H_f - H_i}{100 - H_f}$$

E: Volume d'eau à ajouter en (ml).

m: Quantité de semoule en (kg).

H_i: Humidité initiale de la semoule (%).

H_f : Humidité finale (désirée) de la semoule (%).

La quantité de l'eau utilisée au cours de l'hydratation peut exercer une influence considérable sur la quantité du produit fini, notamment l'aspect et le comportement du produit au cours de la cuisson ; et d'après Feillet (2000),il serait judicieux d'utiliser des eaux de faible dureté hydrotimétrique.

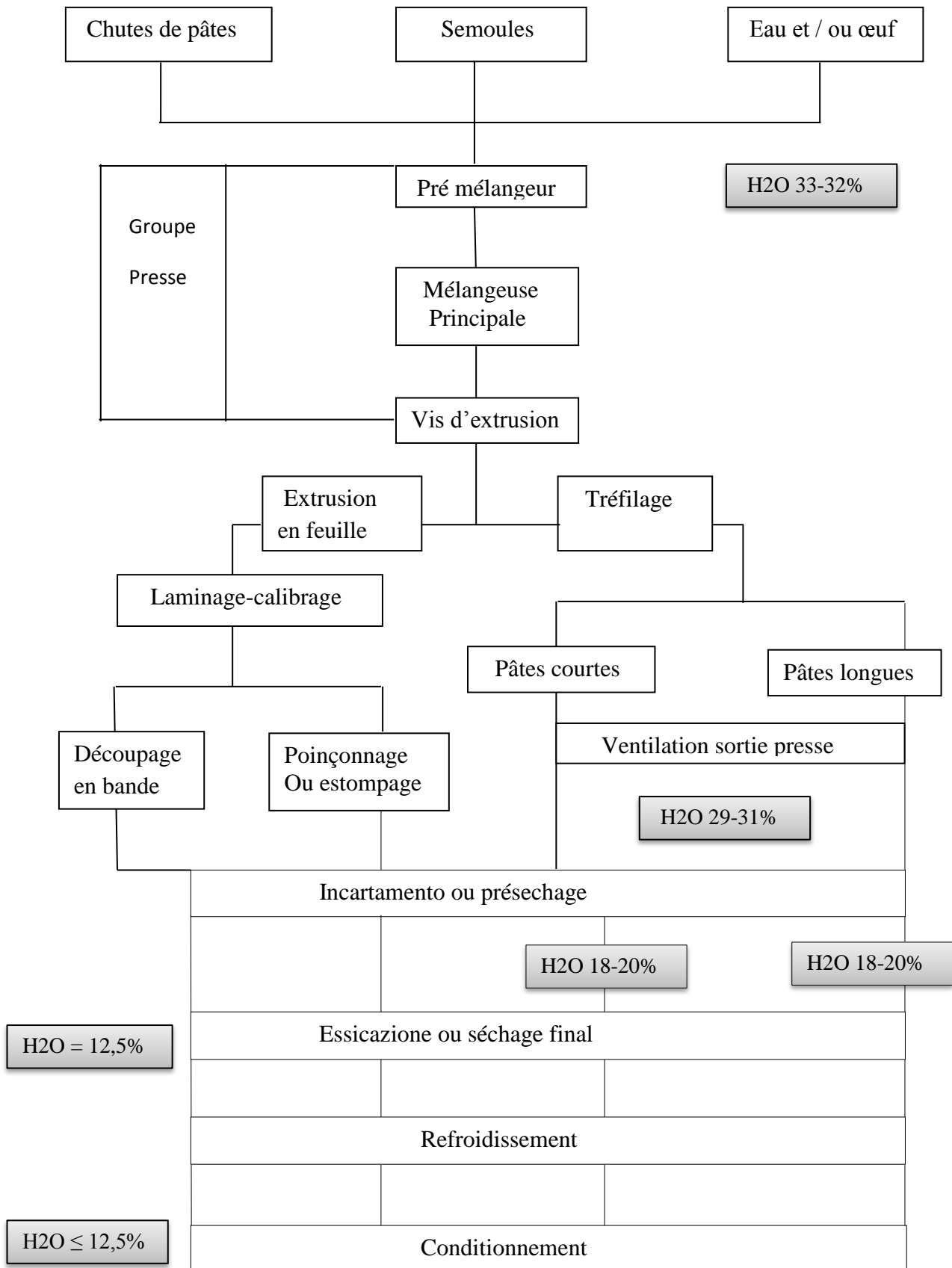


Figure2: Diagramme général de la fabrication industrielle de pâtes (Jeantet, 2007).

III-2-2- Malaxage :

Après hydratation, la semoule est malaxée pendant environ 15 minutes dans un malaxeur. Le malaxage permet de distribuer l'eau entre les particules de semoule le plus uniformément possible, de manière à obtenir des grumeaux de taille variable, pouvant atteindre 2 à 3 cm de diamètre. A ce stade un vide de 50 à 70 cm d'hg est appliqué ; ce vide assure une double fonction : d'une part l'absence d'oxygène réduit l'oxydation des pigments caroténoïdes donnant aux pâtes une couleur plus intense, d'autre part, le vide empêche la formation de bulles d'air qui influent négativement sur la qualité des pâtes sèches (pâtes moins brillantes, moins translucides, avec une texture collante) (Smith, 2004).

III-2-3- Extrusion/laminage :

Après malaxage le mélange obtenu est extrudé sous vide au moyen d'une vis sans fin. Les presses modernes peuvent disposer de 2 ou 3 vis et ont des capacités de production de 1000 à 8000 kg/h et parfois plus. Au cours de cette opération la vis sans fin exerce une pression d'environ 100 atmosphères sur le produit induisant l'élévation de la température dans la chambre d'extrusion. La pression exercée, la chaleur ainsi que le travail de cisaillement qui se fait au cours de ce processus, conduit à la formation d'un réseau de gluten continu dans la pâte, celle-ci devient alors élastique et translucide. Mais des températures trop élevées dénaturent les protéines du gluten induisant l'altération des propriétés physiques du produit et la texture de la pâte cuite. De ce fait un système de refroidissement à circulation d'eau est conçu autour du cylindre d'extrusion pour éviter un accroissement élevé de la température qui ne doit pas excéder les 45-50°C (Smith, 2004).

La majeure partie des pâtes sèches sont fabriquées par procédé d'extrusion, il existe toutefois un autre procédé : le laminage, qui est également un procédé de fabrication par déformation plastique. Cette déformation est obtenue par compression continue au passage feuilles, qui seront par la suite coupées pour leur donner les formes souhaitées (Boudreau et Menard, 1992).

III-2-4- Séchage :

Les pâtes justement extrudées ont une humidité de 29 à 31% ; ces pâtes doivent être séchées de manière à ce que leur humidité finale n'excède pas 12,5% (humidité optimale pour la conservation des pâtes alimentaires) et ce grâce au contrôle de la température et de l'humidité relative de l'air. Les vitesses et la température de séchage sont correctement

contrôlées pour que le gradient de l'humidité s'installe de manière progressive entre les parties périphériques et le cœur du produit. Un séchage trop lent associé à une basse température conduit au développement de moisissures et à la décoloration du produit, tandis qu'un séchage trop rapide nécessitant des températures élevées, peut provoquer la dénaturation des protéines et la gélatinisation de l'amidon induisant l'apparition de fissurations et de gerçures (Kent et Evers, 1994).

Jusqu'au début des années 70, les températures de séchage utilisées n'excédaient pas les 60°C, et le processus durait entre 14 et 24 h, mais depuis, des procédés de séchage à haute et ultra haute température ont été développés ; permettant de réduire le temps de séchage à moins de 2h. Ce séchage ultra rapide présente l'avantage d'améliorer la qualité organoleptique et de réduire les contaminations bactériennes, mais il présente l'inconvénient de réduire la valeur nutritionnelle des pâtes qui se traduit par une perte de disponibilité de la lysine (Hui, 2008). D'après Jeantet (2007), ce séchage s'effectue généralement en deux étapes :

- Le présechage ou *incartamento* (donner la consistance du carton) :

Permet d'éliminer 30 à 40% de l'eau contenue dans la pâte en un minimum de temps (30% pour les pâtes courtes, 40% pour les pâtes longues). Dans cette phase l'évaporation est irrégulière ; les parties périphériques étant plus sèches que l'intérieur, ce qui assure une texture de carton, évite le collage et permet d'améliorer la stabilité de la forme.

- Le séchage définitif ou *essiccazione* :

C'est un séchage qui se fait de manière progressive avec une alternance de phase de séchage et de rééquilibrage d'humidité (*rinvenimento*), ce qui réduit les tensions à l'intérieur du produit et prévient l'apparition de gerçures, fêlures ou rupture de la pâte.

III-2-5- Emballage :

Les pâtes alimentaires sont souvent emballées dans des sacs en cellophane ou en polyéthylène basse densité ou encore dans des boîtes en carton. Ces emballages ont pour fonction de : maintenir le produit fini à l'abri des contaminations microbiennes et des réactions enzymatiques et oxydatives, de le protéger contre les dommages qui peuvent survenir lors de la livraison et du stockage ainsi que d'attirer et de séduire le consommateur. La cellophane a l'avantage d'être transparente et étanche aux microorganismes alors que les boîtes en carton

l'emportent sur le plan esthétique, et la facilité d'empilement dans les étagères (Karel *et al*, 2000).

III-3- Qualité finale des pâtes alimentaires :

Les pâtes alimentaires constituent (à l'exception de quelques produits secondaires tels que le couscous), le seul produit fini représentant un débouché pour les blés durs. Il est donc nécessaire que la qualité de ces derniers satisfasse les besoins des industries semoulières et pastière (Feillet et Abecassis, 1976)

III-3-1- L'aspect :

L'aspect des pâtes alimentaires est déterminé par quatre groupes de facteurs, la coloration, les gerçures, les piqûres et la texture superficielle (Feillet, 2000).

➤ **La coloration :** Constitue actuellement un critère majeur de la qualité des pâtes alimentaires. Elle est fortement liée à la qualité des blés mis en œuvre, et est considérée comme la somme d'une composante jaune que l'on souhaite élevée, et d'une composante brune qui doit être faible (Abecassis et Chaurand, 1997).

✓ **La composante jaune :**

Elle dépend de la teneur en pigments caroténoïdes présents dans la semoule et de l'activité des oxydoréductases (notamment la lipoxygénase) susceptibles de provoquer l'oxydation des pigments au cours de la pastification. Les pertes en pigments peuvent être réduites en conduisant la mouture de sorte à éviter toute contamination des semoules par le germe (dont les teneurs en enzymes sont très élevées), et en cherchant des conditions de fabrication qui évitent l'activité des oxydo-réductases (malaxage et extrusion sous vide, séchage à des températures élevées) (Abecassis *et al.*, 1996).

✓ **La composante brune :**

Le brunissement des pâtes alimentaires est un caractère indésirable multifactoriel. Il serait fortement influencé par : la variété du blé dur mis en œuvre (présence d'une protéine cuivrique responsable de la composante brune), par l'activité polyphénoloxydasique et peroxydasique des semoules (qui augmente lors d'une contamination par les parties périphériques), ainsi que par des températures de séchage élevées lors de la pastification qui intensifient les réactions de Maillard. (Feillet *et al.*, 2003).

➤ **Les gerçures :**

Ce sont des brisures (fêlures) qui apparaissent dans les pâtes sèches suite à un mauvais séchage. Elles se produisent sous l'effet de tensions internes, et il en résulte un aspect déplaisant et une faible résistance à l'emballage. (Abecassis *et al.*, 1996).

➤ **Les piqûres :**

Il existe trois sortes de piqûres : les blanches, qui sont le résultat d'une hydratation insuffisante lors de la pastification ; les brunes, qui témoignent d'une contamination des semoules par des particules de son ; et les noires, qui proviennent généralement de blés ergotés ou mouchetés non éliminés lors de la mouture. (Feillet, 2000).

➤ **La texture superficielle :**

La texture des pâtes extrudées peut être lisse ou rugueuse, et cela dépend de la nature du moule utilisé ; les moules en téflon confèrent aux pâtes un aspect lisse et brillant, tandis que ceux en bronze favorisent le développement d'une structure hétérogène et rugueuse (Abecassis, 1991).

III-3-2- La qualité culinaire :

La notion de qualité culinaire des pâtes alimentaires regroupe, l'ensemble des caractéristiques suivantes : temps de cuisson, absorption d'eau pendant la cuisson, texture des produits cuits (fermeté et élasticité), état de surface des produits cuits, arôme et goût (Feillet, 1986).

- ✓ Les temps minimal, optimal et maximal de cuisson correspondent respectivement au temps à partir duquel l'amidon est gélatinisé, le temps nécessaire pour donner à la pâte cuite la texture recherchée et le temps au-delà duquel les produits se désintègrent dans l'eau de cuisson.
- ✓ Le gonflement et l'absorption d'eau pendant la cuisson se mesurent en déterminant le poids des pâtes avant et après cuisson.
- ✓ La texture des produits cuits rend compte de la fermeté et de la masticabilité des pâtes après cuisson. On peut déterminer ces caractéristiques par des mesures rhéologiques (fermeté, viscoélasticité).
- ✓ L'état de surface ou de désintégration des produits recouvre les notions de collant (prise en masse, degré d'adhésion des brins entre eux) et de délitescence (aspect plus ou moins lisse des produits cuits).

Chapitre IV

Le couscous

IV-1-Définition :

Le couscous est un produit alimentaire très ancien, inventé il y a environ 3000 ans par les Berbères en Afrique du Nord (Abecassis *et al.*, 2012). Le mot tirerait son origine de l'arabe classique « kouskous » et de berbère « seksou » qui désigne à la fois la semoule de blé dur, il a plusieurs appellations au sein des familles algériennes à savoir « taàm » qui signifie nourriture ou « berboucha ». Selon la norme AFNOR (1995), le couscous est un aliment constitué exclusivement de semoule de blé dur et présentant les caractéristiques spécifiques du blé dur (*Triticum durum*), dont les éléments sont agglomérés en ajoutant de l'eau potable et qui a été soumis à des traitements physiques tels que la cuisson et le séchage.

IV-2-Notion de qualité:

D'après Nouagui *et al.* (1990), un couscous est jugé de bonne qualité s'il présente une faible charge microbienne des grains uniformes, de couleur jaune ambrée, exempte de piqures et d'impuretés diverses et sans arrière goût, d'acidité, ou de rance. Guezlane (1993), le définit comme étant la possibilité pour une semoule de donner un couscous de granulométrie régulière et homogène, à l'état sec, il doit être de couleur jaune ambrée ; après cuisson, les grains de couscous doivent rester bien individualisés sans se déliter, ni collés entre eux avec un taux d'absorption en sauce élevée.

IV-3-Procédé de fabrication de couscous :

Les étapes de fabrication des grains de couscous sont:(figure3)

✓ Mouillage et mélange :

La semoule est "**mouillée**" avec de l'eau. Le savoir-faire est essentiel à cette étape du processus et conditionne largement la qualité du couscous.

✓ Roulage :

La pâte grossièrement fragmentée passe dans des "**rouleurs**" qui sont des cylindres alvéolés rotatifs ou de simples plansichters, pour obtenir des grains de couscous formés de plusieurs grains de semoule agglomérés.

✓ Précuisson :

Le couscous est alors **cuit** à la vapeur sur un tapis en inox. Dès lors, les grains de couscous garderont leur forme définitive sans se désagréger.

✓ Le séchage :

A la sortie du cuiseur, le produit est alors démonté et séché dans un séchoir rotatif, l'humidité finale du produit est de 12,5%. Le séchage est un facteur, qui modifié la capacité d'hydratation du couscous (Guezlane, 1993) et agit comme moyen de préservation de l'aliment du fait de diminuer l'activité de l'eau (A_w), inhibant la prolifération des microorganismes avec ralentissement de réactions chimiques et enzymatiques de détérioration.

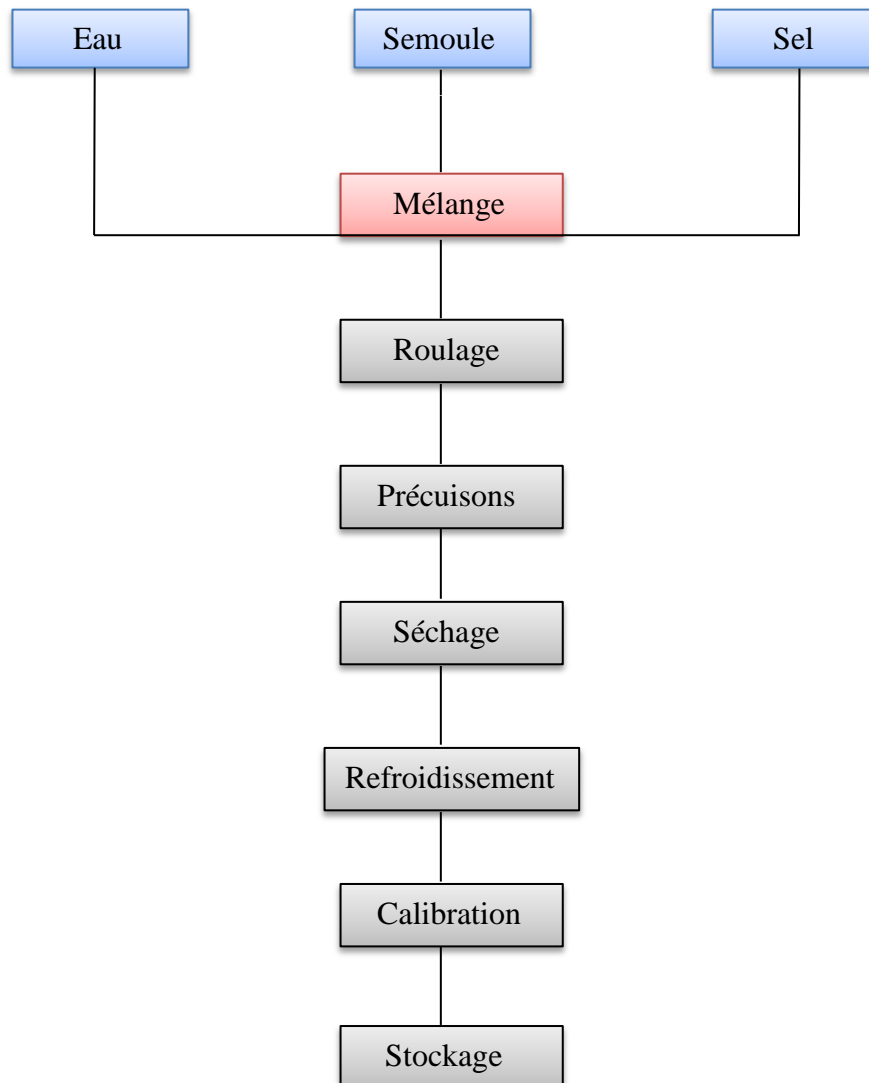


Figure 3: Schéma de la fabrication industrielle du couscous (Roussel, 2002).

✓ **Le refroidissement :**

Les refroidisseurs ramènent les grains à température ambiante

✓ **Le calibrage :**

Le couscous passe alors à travers des **tamis** qui permettent de séparer les grains fins et moyens.

✓ **Le stockage de produit semi-fini :**

Stocké dans des silos il sera ensuite **conditionné** pour être enfin expédié en France et dans 45 pays

IV-4-Composition physicochimique du couscous :

Le couscous est caractérisé par des teneurs moyennes en protéines mais élevées en lipides et en cendres (Yesli, 2001) (tableau III).

Tableau III : Composition physicochimique du couscous (Yesli, 2001)

Paramètres biochimiques	Teneur (%ms)	Auteurs
Lipides	1.2 à 1.70	Blaid et al. (1994)
Protéines	11.1 à 13.3	Abberbache et al. (1995)
Cendres	0.9 à 1.1	Roussel., (1995)

IV-5- La qualité finale de couscous :

La qualité du couscous est étroitement dépendante de la qualité des matières premières mises en œuvre et du diagramme de fabrication appliquée.

➤ **Qualité organoleptique :**

Selon Guezlane (1993), le couscous de "bonne qualité" est un produit jaune ambré, d'une capacité d'absorption d'eau élevée, ses grains restent individualisés et fermes une fois hydratés. La qualité organoleptique du couscous regroupe la qualité commerciale qui concerne l'aspect du couscous (couleur, granulométrie, forme des particules, etc.) et la qualité culinaire qui représente le comportement des grains du couscous au cours de la cuisson

(gonflement, prise en masse, délitescence, fermeté, etc.). Cette dernière fait l'objet du chapitre III. Les paramètres de la qualité commerciale du couscous sont :

✓ **Couleur du couscous :**

Les grains de couscous sont caractérisés par une couleur jaune-claire (Guezlane, 1993). Selon Lepage et Sims (1968) cité par Trono *et al*, (1999) ; Hentschel *et al*, (2002) ; Guarda *et al*, (2004), la couleur jaune des pâtes alimentaires, faites à partir de la semoule de blé dur, est due à la présence de la lutéine de caroténoïdes principalement les xanthophylles.

✓ **Qualité hygiénique :**

Selon le *codex alimentarius* (norme de *codex* 202-1995), le couscous doit être exempt de microorganismes susceptibles de se développer dans le produit dans des conditions normales d'entreposage et ne doit contenir aucune substance provenant de micro-organismes en quantités pouvant présenter un risque pour la santé.

✓ **Qualité nutritionnelle :**

La qualité nutritionnelle d'un aliment dépend de ses caractéristiques propres, c'est-à-dire de sa composition mais également des conditions dans lesquelles il est préparé et consommé (Derouiche, 2003). Par ailleurs, le couscous fournit une part importante de l'apport énergétique de la ration (350 kcal / 100g de ms) vue sa richesse en glucides (75g/100g) (Dagher, 1991).

IV-5-1-Qualité culinaire du couscous :

La qualité culinaire d'un produit alimentaire correspond au comportement de l'aliment pendant et après sa cuisson (Yettou, 1998). La cuisson des produits céréaliers a pour but de gélatiniser l'amidon pour le rendre hydrophile et digeste, de modifier l'aspect textural de manière à leur conférer les caractéristiques. Selon Feillet (1986), l'aspect culinaire de couscous est similaire à celui des pâtes alimentaires sauf en ce qui concerne le mode de cuisson. Les caractéristiques culinaires des pâtes alimentaires sont : le gonflement, la texture, l'état de désintégration ou de surface et les différents temps de cuisson, (minimal, optimal et maximal).

Les temps minimal, optimal et maximal correspondent respectivement au temps à partir duquel l'amidon est gélatinisé, le temps nécessaire pour donner à la pâte cuite la texture recherchée et le temps au-delà duquel les produits se désintègrent dans l'eau de cuisson. Or,

Boudreau *et al.*, (1992) ont souligné que la qualité culinaire du couscous est appréciée par sa tenue à la cuisson telle que reflétée par l'état de surface qui doit être non collant et par la délitescence qui traduit la désintégration des particules de couscous. Par ailleurs, Guezlane (1993) a indiqué que le couscous de bonne qualité culinaire doit présenter un bon gonflement, une consistance qui n'est pas trop ferme, un aspect moelleux, une facilité à la mastication.

Selon Debbouz et Donnelly (1996), la capacité de couscous d'absorber rapidement la sauce et de maintenir sa fermeté est considérée comme indicateur de couscous de bonne qualité. L'indice d'absorption est utilisé pour estimer ce facteur de qualité. Si le couscous n'absorbe pas l'eau en quantité suffisante, il demeurera dur et manquera de tendreté à la mastication.

L'analyse sensorielle est la méthode de référence utilisée pour évaluer la qualité culinaire des produits alimentaires (Idir, 2000). Elle peut être évaluée par des jurys en utilisant différents paramètres : aspect, sensation dans la bouche, saveur et acceptabilité globale (Kaup et Walker, 1986 ; Debbouz *et al.*, 1994 ; Debbouz et Donnelly, 1996).

La cuisson du couscous se fait à la vapeur en 2 ou 3 étapes successives contrairement aux autres pâtes dont la cuisson se fait dans l'eau.

IV-5-2-Paramètres pertinents de la qualité culinaire du couscous

➤ Indice de gonflement à chaud et à froid

Il correspond à la capacité d'absorption d'eau par les pâtes pendant la cuisson (Feillet, 1986 ; Yettou *et al.*, 1997). Il est mesuré par les changements du volume apparent d'un échantillon de couscous une fois immergé dans l'eau froide (à 25°C) ou chaude (à 100°C). Les valeurs élevées du gonflement de couscous sont indicatives d'un produit de haute qualité (Guezlane et Abecassis 1991 ; Guezlane, 1993 ; Ounane *et al.*, 2006).

➤ Indice de prise en masse

Indice de prise en masse par tamisage Mesurée par tamisage de cuisson traditionnelle du couscous, la détermination de l'indice est réalisée sur un tamis d'ouverture égale à 3150µm. D'après Yettou *et al.*, (1997), il correspond au pourcentage de prise en masse (collant) de couscous qui forme de gros agglomérats (>3 mm). Les indices sont compris entre 8,2 à 32,6%. Les faibles valeurs de l'indice sont des indicatives d'un couscous de qualité supérieure (Ounane *et al.*, 2006).

Partie II

Partie expérimentale

Chapitre II

Matériel & Méthodes

Ce travail a été réalisé au laboratoire d'autocontrôle de la SARL MIS Tizi-Ouzou, pendant une durée d'un mois.

II-1- Matériel végétal :

Notre travail a porté sur l'étude d'un lot de blé dur commercial prélevé au niveau de la semoulerie industrielle portant le nom commercial «**MIS** » sise à la zone d'activité Feraoun, Draa Ben Khedda, wilaya de Tizi Ouzou.

Après les opérations de trituration, nous avons effectué des prélèvements de la semoule utilisée pour la fabrication des pâtes alimentaires et du couscous. Des échantillons de pâtes et de couscous fabriqué avec cette semoule ont été prélevés au niveau de l'unité pâte et couscous et soumis juste après aux différentes analyses physicochimiques et technologiques.

II-2- Méthodes d'analyses :

II-2-1- Analyses sur blé dur :

II-2-1-1- Analyses physique des grains :

II- 2-1-1-1- Poids à l'hectolitre : (AFNOR- NE 1613/1990)

La masse à l'hectolitre correspond à la masse de blé contenue dans un hectolitre rempli de grains, d'impureté et d'air interstitiel, elle est exprimée en kg/hl.

II-2-1-1-2- Taux de mitadinage :

On a utilisé le farinotome du Pohl, on entend par taux de mitadinage le pourcentage en nombre de grains de blé dur non entièrement vitreux Normalement translucide et de texture vitreuse, le grain de blé dur peut sous l'influence d'un accident appelé « mitadinage » prendre, en totalité ou en partie une apparence opaque et farineuse qui le fait plus ou moins ressembler à un grain de blé tendre, il est dit alors « mitadiné ».Après élimination des impuretés par tamisage et triage à la main, les grains sont coupés au farinotome de Pohl.

Mode opératoire :

- ✓ La recherche s'effectue sur un échantillon de 100 g, après avoir procédé à la séparation des éléments qui ne sont pas des céréales de base de qualité irréprochable.
- ✓ Epancre l'échantillon dans un bac et bien homogénéiser.

- ✓ Après avoir introduit une plaque dans une le farinotome, répandre une peignée de grains sur la grille. Tapoter vivement de façon qu'il n'y est grain par alvéole. Rabattre la partie mobile pour maintenir les grains.
- ✓ Préparer ainsi des plaques afin qu'au minimum 600 grains soient coupés.
- ✓ Compter le nombre de grains mitadinés même partiellement.

Expression des résultats :

Mitadin même partiels en pourcentage dans la prise d'essai :

$$\text{Taux de mitadinage (\%)} = \frac{M \times (100 - L)}{100}$$

L: Masse des éléments qui ne sont pas des céréales de base de qualité irréprochable en grammes.

M: Pourcentage de mitadin même partiels des grains propres examinés.

II -2-1-1- 3-Taux de moucheture :

Les grains mouchetés sont appréciés d'une manière visuelle sur 20g de blé propre. Les grains mouchetés sont ceux qui présentent des colorations situées entre brun et le noir brunâtre mise à part le germe Feillet et Abecassis (1976).

Les résultats sont exprimés en gramme de grains mouchetés pour 20g de l'espèce considéré.

$$M(\%) = 100(m_1/m_2)$$

*m*₁: Masse en g de grains mouchetés présent dans 20g de l'échantillon.

*m*₂: Masse en g de prélèvement (20g).

II -2-1- 2- Analyses chimiques :**II-2-1- 2-1- Humidité : (ISO 712, 1985).**

Elle est déterminée par étuvage de 5g de produit (grains entiers moulus) à une température de 130°C pendant 2h.

II-2-2- Analyse des semoules :**II -2 -2-1- Analyses physiques :****II -2 -2-1-1- La granulométrie des particules (NFV 03-721 de Juin 1994)**

Elle est déterminée par tamisage d'un échantillon de 100g de semoule à travers une série de tamis à ouvertures de mailles décroissantes. Pour notre analyse, nous avons utilisé des tamis dont les ouvertures des mailles sont : 450 µm, 300 µm, 180 µm et 150 µm.

Expression des résultats :

Les refus obtenus sont pesés et les résultats sont exprimés en pourcentage.

$$\text{Taux d'affleurement}(\%) = \frac{m_0}{m_1} \times 100$$

m_0 : Masse du refus (g).

m_1 : Masse de l'échantillon (g).

II -2 -2-1-2- Indice de coloration : (Fares et al, 1991) :

L'analyse a été réalisée à l'aide d'un spectrophotomètre.

- ✓ 2 g de semoule/couscous +10 ml butanol saturé d'eau sont soumis à une agitation pendant 3h à la température du laboratoire puis filtration et lecture absorbance à 435.8 nm.
- ✓ **Expression des résultats**

$$\text{Indice de coloration} = \text{absorbance} \times 1.6632.$$

Les résultats sont exprimés en beta carotène.

II -2-2-2- Analyses chimiques :**II -2-2-2-1- Humidité :**

L'humidité des semoules a été déterminée selon la norme (ISO 712, 1985).

II -2-2-2-2- Taux de cendres : (AFNOR-NE V03-120, 1981). Cette analyse repose sur l'incinération du produit (grain entier moulu ou semoule), dans une atmosphère oxydante à une température de 900°C, jusqu'à combustion complète de la matière organique.

Expression des résultats :

La teneur en cendres est déterminée par la pesée du résidu, elle est exprimée en pourcentage par rapport à la matière sèche.

$$\text{Teneur en cendres (\%)} = m_1 \times \frac{100}{m_0} \times \frac{100}{100 - H}$$

m_0 : Masse de la prise d'essai (g)

m_1 : Masse du résidu (g)

H : Teneur en eau de l'échantillon (%)

II -2-2-3- Analyses technologiques :**II -2-2-3-1- Test de SDS sédimentation :**

Le gonflement en milieu SDS est déterminé selon la méthode d'Axford *et al*(1978) modifiée par Dexter *et al* (1981).

Ce test est réalisé par la mise en suspension de 5g de semoule dans 50 ml d'eau distillée dans une éprouvette graduée de 100 ml, une agitation manuelle est effectuée pendant 15 secondes aux temps 0, 2 et 4 minutes. Immédiatement après la dernière agitation, on ajoute 50 ml d'une solution SDS à 3 % contenant 20 ml d'acide lactique dilué huit fois. Par la suite, on effectue quatre retournements successifs de l'éprouvette aux temps 0, 2, 4 et 6 min, et on laisse au repos pendant 20 min. Le nombre de millilitres est alors rapporté.

II -2-2-3-2- Teneur en gluten : (NA.735.1991, ISO 55 31) :

Le dosage du gluten repose sur son insolubilité dans l'eau et les solutions salines diluées et sa propriété de s'agglomérer lorsqu'on le malaxe sous un courant d'eau qui entraîne les autres constituants.

Principe :

Préparation d'une pâte au moyen d'un échantillon de semoule et d'une solution de chlorure de sodium. Isolement du gluten humide par lavage de cette pâte avec la solution de chlorure de sodium, puis essorage et pesée le produit obtenu.

Mode opératoire :

Peser 10g de l'échantillon et les introduire dans une capsule métallique. Verser 5,5 ml de solution de chlorure de sodium en agitant la semoule avec la capsule, former une boule avec la pâte. Malaxer le pàton en le plaçant dans la pomme de la main tout en versant dessus goutte à goutte la solution de chlorure de sodium, poursuivre cette opération jusqu'à ce que l'eau du lavage ne soit plus trouble. -Éliminer la plus grande partie de solution de rinçage adhérente à la boule de gluten, en la comprimant entre les mains, refaire cette opération plusieurs fois. Le gluten humide obtenu précédemment est placé dans une étuve Chopin pendant 2h ou bien rapidement dans un appareil adéquat Gluark (4 min).

Expression des résultats :

- Le gluten humide exprimé en pourcentage en masse du produit tel quel, est égal à :

$$GH = \frac{m_1 \times 100}{10} \quad \text{Où :}$$

m_1 : Masse du gluten humide (g).

- Le gluten sec exprimé en pourcentage en masse du produit rapporté à la matière sèche tel que :

$$GS = \frac{m_2 \times 100}{10}$$

m_2 : Masse du gluten sec (g).

II -2-3- Analyse des pâtes :**II -2-3-1- Analyses physiques :****II -2-3-1-1- Indice de coloration :**

Il est réalisé selon la méthode du (Fares *et al.*, 1991).

II-2-3-1-2- Les gerçures et les piqures :

Elles sont appréciées visuellement en notant leur présence ou leur absence dans les pâtes.

II -2-3-2- Analyses chimiques :

II -2-3-2-1- Humidité : L'humidité des pâtes alimentaires a été déterminée selon la norme (ISO 712, 1985), après broyage de ces dernières.

II -2-3-2-2- Le taux des cendres :

La teneur en cendres des pâtes alimentaires a été déterminée selon la norme (AFNOR-NE V03-120, 1981).

II -2-3-3- Analyses technologiques :**II -2-3-3-1- Evaluation de la qualité culinaire :**

La cuisson des pâtes est réalisée dans les conditions décrites dans la norme NF V 03-714 ; 100g de pâtes sont cuites dans 2 litres d'eau additionnée de 14g de sel et portée à ébullition.

Les paramètres évalués sont les suivants :

II -2-3-3-1-1- Le temps de cuisson :

Cette analyse consiste en la détermination du temps minimal de cuisson (T) et en le calcul de deux mesures expérimentales : T+6 et T+11 qui correspondent respectivement au temps optimal et au temps maximal de cuisson.

Le temps minimal de cuisson correspond au temps nécessaire pour la gélatinisation de l'amidon, il est déterminé en suivant la disparition de la ligne blanche continue visible au centre d'un brin de pâtes en cours de cuisson, écrasé entre deux plaques de verre. On considère que la ligne blanche lorsqu'elle n'est plus visible que sous forme de pointillés.

II -2-3-3-1-2- La perte à la cuisson (PC) :

Elle est déterminée en pesant le résidu de matière sèche, obtenu après évaporation d'une fraction d'eau de cuisson des pâtes, de 25 ml.

La perte à la cuisson est exprimée en g par 100g de la matière sèche, selon la formule suivante :

$$PC(g/100g ms) = \frac{100 \times ES \times V/25}{100 - H}$$

ES : Poids d'extrait sec (g).

V : Volume final de l'eau de cuisson (ml).

H : Teneur en eau des pâtes crues (%).

II -2-3-3-1-3- Le gonflement (capacité de fixation d'eau) (C) :

Il est déterminé par la mesure de poids des pâtes avant et après cuisson (au temps T+11) ; et il rend compte de l'aptitude de la pâte à absorber l'eau au cours de la cuisson, elle est donnée par la formule suivante :

$$C(\%) = (P - 100) \times \frac{100}{100 - M - PC}$$

C: Capacité de fixation d'eau.

P : Poids des pâtes cuites (g).

PC : Perte à la cuisson (g/100g ms). Et **M** : Teneur en eau des pâtes crues (%).

II -2-3-3-1-4- L'état de surface des pâtes :

Il est apprécié visuellement en notant la délitescence et le degré de collant des brins entre eux au temps optimal de cuisson (T+6).

II -2-4- Analyses des couscous :**II -2-4-1- Analyses physiques :****II -2-4-1-1- La granulométrie des particules (NFV 03, 1994)**

Elle est déterminée par tamisage d'un échantillon de 100g de couscous à travers une série de tamis à ouvertures de mailles décroissantes.

Pour notre analyse, nous avons utilisé des tamis dont les ouvertures des mailles sont : 1500 µm, 1000 µm et 700 µm.

Expression des résultats :

Les refus obtenus sont pesés et les résultats sont exprimés en pourcentage.

$$\text{Taux d'affleurement } (\%) = \frac{m_0}{m_1} \times 100$$

m₀ : Masse du refus (g).

m₁ : Masse de l'échantillon (g).

II -2-4-1-2- Indice de coloration :

Il est réalisé selon la méthode développé Fares *et al*, 1991.

II -2-4-2- Analyses chimiques :**II -2-4-2-1- Humidité :**

L'humidité du couscous a été déterminée selon la norme (ISO 712, 1985), après broyage de ce dernier.

II -2-4-2-2- Le taux des cendres :

La teneur en cendres du couscous a été déterminée selon la norme (AFNOR-NE V03-120, 1981).

II -2-4-3- Analyses technologiques :**II -2-4-3-1- Qualité culinaire :****II -2-4-3-1-1- Gonflement : (Guezlane et Abecassis, 1991)**

20g de couscous cru sont versés dans une éprouvette graduée de 100ml à col rodé, le volume initial est noté puis 50ml d'eau distillée sont ajoutés lentement le long de la paroi de l'éprouvette inclinée. L'éprouvette est bouchée et on effectue 10 retournements successifs de manière à bien hydrater l'ensemble des particules, on ajoute à nouveau 50ml d'eau pour faire descendre les particules restées collées le long de la paroi de l'éprouvette ; on note le volume de couscous après 5 mn, 10, 30, 40, 50, 60 mn.

On détermine l'indice de gonflement par la relation suivante :

$$G = 100 \times (V_f - V_i) / V_i$$

V_i : Volume initial

V_f : Volume final

II -2-5- Analyses statistiques:

Les données expérimentales des semoules, spaghetti et couscous obtenues, sont statistiquement testées par l'analyse de la variance (ANOVA), en utilisant le logiciel STATBOX version 6.0 à un seuil de signification de 0.05, afin de déterminer la présence de différence significative entre les trois produits analysés.

Résultats & Discussion

II-1-Caractéristiques physiques et chimique des blés commerciaux:

Les résultats d'analyses physicochimiques de la matière première sont consignés dans le (tableau IV)

II-1-1-Le poids à l'hectolitre (PHL) :

Le poids à l'hectolitre, permet de mesurer la densité du grain, il indique le rendement possible en semoule d'un grade particulier de blé, Il peut également, indiquer la teneur en eau et sert parfois dans la détermination de la quantité d'eau à ajouter au blé durant le processus de mouture (Bernnan, 1984).

Le PHL des blés varie de 81,1kg/hl pour l'échantillon 3 à 81,5 kg/hl pour les échantillons 1 et 2. Ces résultats sont compris dans la fourchette rapportée par Scotti et Mont (1997) et Jeantet *et al*, (2007), qui est de 75 -85 kg/hl. Le blé dur analysé est de première qualité. Pour Landi (1995) un blé dur présentant un poids spécifique autour de 80kg/hl entraîne une augmentation du rendement en semoule lors de sa trituration. Mahaut (1996), trouve que plus le PHL est élevé, plus le rapport enveloppes/amande devient faible, ce qui se traduit par des rendements en semoule élevés.

Tableau IV : caractéristiques physiques et chimiques des blés durs commerciaux :

Blé caractéristiques	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Moyenne	E.T	C.V (%)
PHL (kg/hl)	81.50	81.50	81.10	81.36	0.23	5.53
Mitadinage (%)	4.13	4.59	4.65	4.46	0.28	6.38
Moucheture (%)	5.14	5.73	5.35	5.41	0.30	5.53
Humidité (%)	11.60	11.70	11.70	11.67	0.06	0.49

II-1-2-Le taux de mitadinage :

Le mitadinage est dû, en particulier, à l'excès d'eau dans le sol ou à sa pauvreté en azote se traduisent par des grains gonflés, blanchâtres, à structure partiellement ou entièrement farineuse. En d'autre terme c'est la présence, dans la masse de la cornée de l'albumen, de tâches d'amidon farineux (Desclaux, 2005). Ces zones sont visibles soit à l'extérieur soit à la coupe du grain Sur le plan technologique, Le mitadinage diminue le rendement en semoule et provoque des points blanchâtres sur les pâtes. Les valeurs des taux de mitadinage des échantillons varient de 4.13% pour échantillon 1 à 4.59% pour échantillon 2. Tous ces résultats sont inférieurs à la norme algérienne qui tolère un taux de mitadinage maximal de l'ordre de 35%.

II-1-3-La moucheture :

D'après Samson et Desclaux (2006), la moucheture est la plus grave des maladies affectant le blé dur. La moucheture se manifeste par taches brunes à la surface du péricarpe causées par des champignons (Macheix, 1996) ou par des thrips en général (Alause et Abecassis, 1979), est étroitement liée à l'irrigation, à la pluviométrie, aux conditions climatiques (Southwell *et al.*, 1980) et à l'origine variétale (Mahaut, 1996).

Pour l'ensemble de nos échantillons, le taux de moucheture le plus faible est trouvé dans l'échantillon 1 (5.14%). Ces résultats restent cependant légèrement élevées aux normes admises (5% au maximum). Mahaut (1996), estime en outre que la moucheture est une caractéristique variétale qui peut être favorisée par des conditions climatiques particulières au moment de la floraison.

De plus, la moucheture entraîne la diminution de la qualité commerciale du blé (King *et al.*, 1981), car la présence de piqûres brunes dans le produit fini nuisent à sa commerciabilité (semoules et pâtes et couscous) (Mahaut, 1996).

II-1-4-Humidité :

La mesure de l'humidité du blé est une opération capitale dans une semoulerie car elle permet de déterminer la quantité d'eau à ajouter lors du conditionnement. Et aussi, permet de moduler la durée de stockage sans risque d'altération par les moisissures (Martin, 1998).

Les humidités de nos échantillons varient entre 11.6 % pour l'échantillon 1 à 11.7 % pour l'échantillon 2 et 3 (tableau 4). Ces résultats montrent que la teneur en eau ne dépasse pas le

seuil fixé par la législation, qui est de 14.5 % (JORA, 2013). Selon Feillet (2000), le gradient d'eau recherché est plus faible en semoulerie, ou la fabrication de semoule à partir de blé dur nécessite de conserver une certaine dureté à l'amande.

II-2-Characteristiques physicochimiques et technologiques des semoules :

Les résultats analytiques sont consignés dans le (tableau V) :

II-2-1-Humidité :

La teneur en eau est un paramètre très important pour la conservation des semoules. Son dosage est indispensable du fait qu'elle conditionne la précision de divers résultats analytiques et la mise en œuvre de test technologique (Boughazi ,1990).

L'humidité de l'ensemble de nos échantillons oscille entre 14.3 pour les échantillons 1 et 2 à 14.4% pour l'échantillon 3. Ce qui est en conformité à la législation algérienne qui fixe l'humidité des semoules commerciales à 14.5 % au maximum (JORA, 2007). L'humidité élevée accélère les réactions de brunissement enzymatiques, ce qui se traduit par la dépréciation de sa valeur commerciale et des difficultés de stockage.

II-2-2-Taux de cendres :

La teneur en cendres du blé (expression de la richesse en éléments minéraux) est une Caractéristique de pureté de la semoule, qui augmente avec le taux d'extraction. Elle peut varier considérablement en fonction de la région et des conditions climatiques pendant la croissance (Feillet, 2000). La teneur en cendres serait influencée par plusieurs facteurs tels que les facteurs pédologiques (disponibilité des minéraux du sol) les facteurs climatiques (humidités), les facteurs agronomique (nature de la fumure) (Colas et Petel, 1984).

La teneur en cendres permet de contrôler la pureté des produits de mouture (ITCF ,2001). Selon Taha et Sagi, (1987), le taux de cendres des enveloppes du blé dur peuvent varier du simple au double pour la même variété, suivant son milieu de culture. Les taux de cendres de l'amande accusent des écarts minimes entre les blés les plus divers. La teneur en cendres de l'amande est environ 10 fois plus faible que celle des enveloppes

La teneur en matières minérales de nos échantillons peut s'établir comme suit : et 0.79% ms pour l'échantillon 3, 0.81% ms pour l'échantillon 1 et 0.82% pour l'échantillon 2. En référence au JORA (2007), nous remarquons que ces teneurs ne dépassent pas les 1% ms fixés pour les semoules commerciales. Nous pouvons conclure que l'ensemble des semoules

sont de qualité supérieure. Dexter et Matsuo, (1977) trouvent qu'une belle semoule se caractérise par des teneurs en cendre variant de 0,75% à 0,90% ms.

Tableau V : Caractéristiques physicochimiques et technologiques des semoules

Semoule		Echantillon	Echantillon	Echantillon	Moyenne	E.T	C.V
Caractéristiques		(1)	(2)	(3)			(%)
Humidité (%)		14.30	14.30	14.40	14.33	0.06	0.40
Cendres (% ms)		0.81	0.82	0.79	0.81	0.02	1.89
Gluten (% ms)	GH	42.30	43.30	43.70	43.10	0.72	1.67
	GS	15.21	15.56	15.74	15.50	0.27	1.75
SDS (ml)		30	31	29	30	1	3.33
Coloration	IJ	0.63	0.64	0.62	0.63	0.01	1.58

II-2-3-Granulometrie :

L'étude de la granulométrie revêt une importance capitale dans l'industrie alimentaire, car ses résultats permettent de mieux connaître les matières premières et influencer sur le réglage des machines afin de présenter un produit plus homogène au consommateur (Guezlane, 1993). Selon Roussel (2002), cet examen nous renseigne sur la finesse de la mouture des grains.

L'analyse de la granulométrie permet de caractériser la répartition en taille et en pourcentage des particules qui composent une semoule. La granulométrie peut influencer la composition biochimique de la semoule et son comportement au cours de la transformation, notamment la vitesse d'hydratation. En effet, plus une semoule est fine, plus elle est riche en amidon endommagé, ce qui entraîne une absorption élevée en eau, favorisant la formation de gros grumeaux nécessitant un recyclage (Sentor, 1983 ; Dick et Matsuo, 1988).

Une granulométrie homogène permet un écoulement uniforme de la semoule dans les dispositifs d'alimentation mécanique et une bonne élaboration de la pâte dans les presses

continus (Robert et Matsuo, 1984). D'après les résultats du (tableau VI) illustrés par la figure 4, nous remarquons une distribution homogène des valeurs de la granulométrie, ce qui est conforme aux résultats de Robert et Matsuo (1984). L'étendue granulométrique de nos semoules est comprise entre 180 et 300 μm .

Tableau VI : Granulométrie de la semoule

Ouverture des mailles Semoule	450 μm	300 μm	180 μm	150 μm	< 150 μm
Echantillon 1	3,19	35,07	43,35	8,94	9,45
Echantillon 2	3,28	36,14	43,2	8,16	9,22
Echantillon 3	3,21	36,69	42,28	8,45	9,37
Moyenne	3,23	35,97	42,94	8,52	9,35
L'écart-type	0,05	0,82	0,58	0,39	0,12
CV	1,46	2,29	1,34	4,62	1,24

Yettou (1998), souligne que la granulométrie est dépendante de la matière première mise en œuvre et du type de réglage des tamis utilisés. Tigroudja et Benjouddiouada (1999), mentionne que l'augmentation de la granulométrie de la semoule fait diminuer sa teneur en protéines et en cendres, alors que l'indice de jaune augmente.

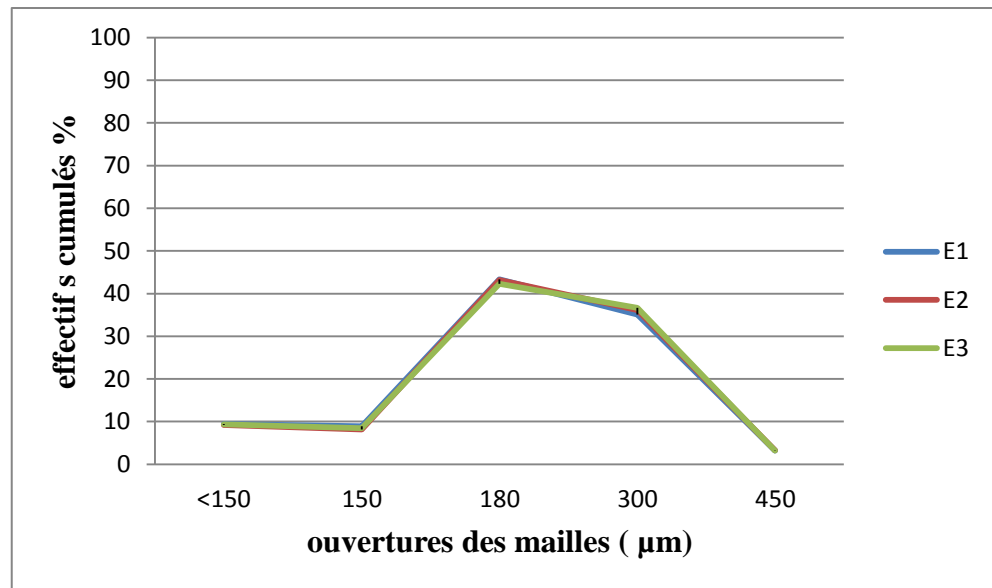


Figure 4 : Courbe granulométrique de semoule en fonction des ouvertures des mailles

II-2-4-Le gluten :

Les protéines du gluten représentent la fraction protéique majoritaire de l'endosperme amylicé. Elles sont caractérisées par leur aptitude à former une masse viscoélastique nommée « Gluten » lorsque la semoule est mélangée avec de l'eau (Wieser, 2000).

La teneur en gluten humide de nos échantillons varie de 42.3% pour l'échantillon 1 et à 43.7% pour l'échantillon 3, tandis que les teneurs en gluten sec est de 15.21% pour l'échantillon 1 et 15.74% pour l'échantillon 3. En se basant sur l'échelle de Matveef (1966) nous constatons que nos échantillons présentent une teneur en gluten supérieur à 11%, indicateur de bonne qualité pastiere.

II-2-5-Le test SDS :

Ce test caractérise la qualité et le pouvoir de gonflement des protéines en milieu SDS. Selon Godon et Loisel (1997), ce test est un moyen indirect qui permet d'apprécier la force du gluten (Navaro *et al.*, 1993).

Les valeurs du test sont de 30ml pour l'échantillon 1 et 31 pour l'échantillon 2 et 29 pour l'échantillon 3. On constate donc que les indices de sédimentation calculés sont élevés. En effet Williams *et al.*, (1988) soulignent que contrairement aux blés tendres, les blés durs ont généralement des indices inférieurs à 35 ml.

Nos résultats sont conformes à ceux de Ames *et al.*, (1999) qui ont montrés sur un certains cultivars de blé dur canadien que les valeurs de sédimentation varient entre 4 et 65 ml.

De ce fait on peut considérer que les protéines de nos semoules sont de bonne qualité (gluten fort), ainsi on peut prédire une bonne qualité pastiere.

II-2-6-Coloration des semoules :

La coloration de semoule est un critère très important pour les consommateurs, l'intérêt de la mesure de cet indice est essentiellement commercial, Les ménages recherchent souvent les semoules de couleur dorée (Benbelkacem *et al.*, 1995). Cette coloration est considérée par (Parker *et al.*, 1998) comme un caractère hautement héréditaire.

Il ressort de nos résultats que l'ensemble des semoules ont des indices de jaunes élevés, ce qui se traduira par la production de couscous et spaghetti avec des colorations qui varieront du jaune pâle au jaune ambré.

II-3-Characteristiques physicochimiques des pâtes alimentaires :

II-3-1-Coloration des pâtes alimentaires :

L'indice de jaune dépend de la quantité de pigments caroténoïdes présents dans la semoule et de l'activité d'enzymes (lipoxygénase) susceptibles de détruire les pigments au cours de la pastification. La couleur jaune des pâtes alimentaires, faites à partir de la semoule de blé dur, est due à la présence de la lutéine de caroténoïdes principalement les xanthophylles. Selon Kobrehel *et al.*, (1972), Feillet *et al.*, (1974) et Kherrif (1996), la coloration des pâtes alimentaires (figure5) est affectée par l'accélération du brunissement des produits lors de l'augmentation de l'hydratation. Le roulage et l'hydratation de semoule sont responsables d'une oxydation notable des pigments caroténoïdes par l'action de lipases, lipoxygénase, peroxydases et polyphénol oxydases (Kobrehel *et al.*, 1972 ; Feillet *et al.*, 1974 ; Boudreau *et al.*, 1992 ; Yousfi, 2002), ce qui provoque un développement de la composante brune qui réduit la clarté des pâtes (Kim *et al.*, 1986 ; Taha et Sagi, 1987).



Figure 5 : couleur de pâte après cuisson

II-3-2-Teneur en eau :

Les résultats d'humidités que nous avons obtenus (Tableau VII) sont conformes aux normes, ils varient entre 8.4% pour l'échantillon 1 et 8.6% pour l'échantillon 2 et 8.6% pour l'échantillon 3, cela affirme que nos pâtes ont bien séchées.

D'après Dubois (1996), la teneur en eau est d'une importance capitale dans la conservation des pâtes alimentaires, elle dépend principalement des conditions de déroulement des teneurs en eau des pâtes alimentaires sèches doivent être inférieures à 12.5% à la fin du séchage, humidité au-dessus de laquelle elles peuvent être conservées sans risque d'altération par les microorganismes et moisissures (Kent et Evers, 1994).

II-3-3-Teneur en cendres :

D'après les résultats du (tableau VII), nous constatons que le taux de cendres des pâtes alimentaires (produits finis) est plus élevé que celui des semoules (matières premières) dont ils sont issus.

Cet accroissement de la teneur en cendres des pâtes alimentaires provient probablement de l'eau additionnée lors de la pastification, puisque cette dernière est dure et n'a subi aucun traitement d'adoussissement destinée à réduire sa dureté.

Du côté nutritionnel, l'évaluation du taux de cendres, enrichit les pâtes alimentaires en minéraux essentiels notamment le calcium et le magnésium, qui sont indispensables pour

Tableau VII : résultats d'analyses effectuées sur les pâtes

Pâtes		Echantillon1	Echantillon2	Echantillon3	Moyenne	E.T
Paramètres						
Indice de jaune		0,24	0,21	0,21	0,22	0,02
Gerçures		Absence	Absence	Absence		
Piqures	Blanches	Très faibles	Traces	Faibles		
	Brunes	faibles	Très faible	Moyennement présentes		
	Noires	Traces	Faible	Très faibles		
Humidité		8.4	8.6	8.6	8.53	0.12
Taux de cendres		0.88	0.88	0.89	0.88	0.01

L'organisme humains ; du fait que ces macronutriments possèdent de nombreuses propriétés médicinales et des rôles très importants en physiologie cellulaires.

Tableau VIII : résultats de test de cuisson

Test de cuisson	Temps de cuisson	13.03
	Perte a la cuisson	6.83
	Gonflement	44.03
	Etat de surface	Bon

II-3-4-Evaluation de la qualité culinaire :

La qualité culinaire est une notion difficile à appréhender, certains l'assimilent à l'aptitude des pâtes à résister à la désintégration et à conserver un degré satisfaisant de fermeté après cuisson prolongée, d'autres y intègrent la tendance à coller, la capacité d'absorption d'eau, la faculté de résister à la cuisson et à la surcuisson et à donner des produits d'un bon goût et d'un bel aspect (Feillet, 1986).

Ainsi le test de cuisson des pâtes alimentaires constitue l'un des meilleurs moyens pratiques pour apprécier leur qualité. D'après Autran (1996), cette qualité dépend des caractéristiques des blés mis en œuvre, de la pureté des semoules (taux d'extraction) et des conditions de fabrication des pâtes.

➤ **Temps de cuisson :**

Les temps minimal, optimal et maximal de cuisson correspondent respectivement au temps à partir duquel l'amidon est gélatinisé, le temps nécessaire pour donner à la pâte cuite la texture recherchée et le temps au-delà duquel les produits commencent à se désintégrer dans l'eau de cuisson. Les résultats obtenus (tableau VIII) montrent que le temps de cuisson des pâtes est de 13.03 mn. En effet selon Lorenz *et al*, (1972), plus la teneur en protéines est élevée, plus le temps que met l'eau pour traverser la trame protéique pour gélatiniser l'amidon est long.

➤ **La perte à la cuisson (PC) :**

Ce paramètre détermine la tenue des pâtes et dépend étroitement de la richesse de celles-ci en gluten ainsi que de la qualité de ce dernier. Cette analyse permet de déterminer les pertes de substances dans l'eau de cuisson qui devrait rester limpide.

D'après Okandza (2000), la perte à la cuisson renseigne sur le degré de désintégration des pâtes à la surcuisson qui s'explique par une dénaturation des protéines (rupture des liaisons disulfures, hydrogène, hydrophobes et ioniques sous l'action de la température) qui précède la gélatinisation de l'amidon et qui se traduit par un relâchement du réseau protéique laissant diffuser l'amylose solubiliser hors des grains ; ce qui induit une diminution indéniable de la qualité culinaire (pâtes collantes) et nutritionnelle.

On constate d'après nos résultats (tableau VIII) les pâtes analysées ont une bonne tenue à la cuisson.

➤ **Le gonflement (capacité de fixation d'eau) :**

Le gonflement est l'absorption d'eau pendant la cuisson. Ce paramètre influe directement sur le poids des pâtes cuites. D'après nos résultats (tableau VIII) nous constatons que la capacité d'hydratation de nos pâtes est de 44.03 %. On remarque que les pâtes ayant un temps de cuisson élevé présentent des capacités de rétention plus faibles. Selon Duskwieziez *et al* (1988), plus la trame protéique qui contrôle la vitesse de gélatinisation et le degré de gonflement des granules d'amidon est important, plus la capacité de fixation d'eau diminue.

➤ **L'état de surface :**

L'état de surface ou de désintégration des produits recouvre les notions de collant (prise en masse, degré d'adhésion des brins entre eux) et de délitescence (aspect plus au moins lisse des produits cuits) (figure 6). D'après ces résultats, nous remarquons que l'état de surface de nos pâtes est satisfaisant, les pâtes ont un belle aspect et une bonne tenue à la cuisson.



Figure 6 : L'état de surface des pâtes avant et après cuisson

II-4-Characteristiques physicochimiques et technologiques des couscous :

L'ensemble des résultats analytiques sont consignés dans le tableau IX

II-4-1-L'humidité :

Humidité du couscous sec (après séchage) est le facteur qui détermine sa bonne conservation. La teneur en eau de l'ensemble des couscous est en moyenne de 12.5%. Ce taux n'excède pas 13.5%, valeur recommandée par là le codex alimentarius (1995), et sont dans l'ensemble

inférieures aux normes du JORA (2007). Ces faibles humidités permettront aux couscous d'être stockés durant 6 mois sans risque d'altération (JORA, 2007).

II-4-2-La teneur en cendres :

Les teneurs en cendres des couscous industriels varient entre 0.60% pour l'échantillon 2 et 0.82% pour l'échantillon 3. Le taux de cendres des échantillons est nettement supérieur à celui de la semoule, ce résultat concorde avec celui des travaux d'Angar et Belhouchet (2002), Guezlane *et al* (1986) qui ont souligné qu'une nette augmentation des taux de cendres est enregistrée sur le couscous par rapport aux semoules dont ils sont issus. Cette augmentation est essentiellement due à l'apport des éléments minéraux contenus dans l'eau ajoutée au stade de roulage. Le taux de cendres indiqué par la norme algérienne N.A.6396 est compris entre 0.9% et 1.1%. Nous constatons que nos échantillons de couscous sont conformes à la norme algérienne.

II-4-3-Granulométrie :

La granulométrie du couscous et son homogénéité sont considérés parmi les paramètres essentiels qui définissent sa qualité par la majorité des consommateurs (Guezlane, 1993);(Yousfi, 2002). Ainsi, la granulométrie a un effet évident sur sa qualité culinaire notamment le gain du poids (absorption) et le temps de cuisson. L'étude de la granulométrie revêt une importance capitale dans l'industrie alimentaire, car ses résultats (tableau X) permettent de mieux connaître les matières premières et influent sur le réglage des machines afin de présenter un produit plus homogène (Guezlane, 1993). Le Codex Alimentarius (1995) indique que la granulométrie de couscous doit être comprise entre 630 et 2000 μ m. La distribution de la granulométrie du couscous illustrée par la (figure 7) indique que la granulométrie moyenne est de (D50= 750 μ m) En se basant sur les travaux de Roussel (1995), nous pouvons confirmer que nos échantillons correspondent à la catégorie de couscous supérieur moyen (700 à 1600 μ m). La granulométrie médiane apparaît être dépendante de la nature de la matière première, du temps de roulage et de malaxage (Guezlane, 1993), des tamis utilisés lors de la grenaison (Djema, 2000) et du taux d'hydratation (Lefkir, 2005).

Yesli (2001) souligne que la facilité du roulage et l'obtention d'une meilleure dispersion sont plus aisés avec des semoules de granulométrie supérieure à 300 μ m.

II-4-4-Gonflement :

Il correspond à la capacité d'absorption d'eau par les pâtes pendant la cuisson (Feillet, 1986 ; Yettou *et al.*, 1997). Il est mesuré par les changements du volume apparent d'un échantillon de couscous une fois immergé dans l'eau froide (à 25°C) ou chaude (à 100°C). Les valeurs élevées du gonflement de couscous sont indicatives d'un produit de haute qualité (Guezlane et Abecassis 1991 ; Guezlane, 1993, Ounane *et al.*, 2006). Les valeurs typiques de l'indice d'absorption d'eau à 30°C sont comprises entre 460 et 490 g d'eau/100 g de couscous (Debbouz *et al.*, 1994). La capacité de gonflement du couscous dans l'eau est un test souvent pratiqué pour apprécier la capacité d'absorption en sauce de couscous.

Tableau-IX: Résultats d'analyses physicochimiques du couscous

Couscous		Echantillon1	Echantillon2	Echantillon3	Moyenne	E.T
Paramètres						
Humidité		12,5	12,6	12,5	12,53	0,06
Cendres		0,87	0,92	0,87	0,89	0,03
Indice de jaune	Avant cuisson	0,35	0,38	0,37	0,37	0,02
	Après cuisson	0,41	0,38	0,37	0,39	0,02
	Après séchage	0,73	0,60	0,82	0,72	0,11
Gonflement		123	126	123	124	1,73

Tableau X : Granulométrie de couscous

	1500 μm	1000 μm	700 μm	< 700 μm
Echantillon1	7.6	67	25.35	0.05
Echantillon2	7.03	66.04	26.55	0.38
Echantillon3	8.53	66.2	25.14	0.13
Moyenne	7.72	66.41	25.68	0.19
E.T	0.76	0.51	0.76	0.17

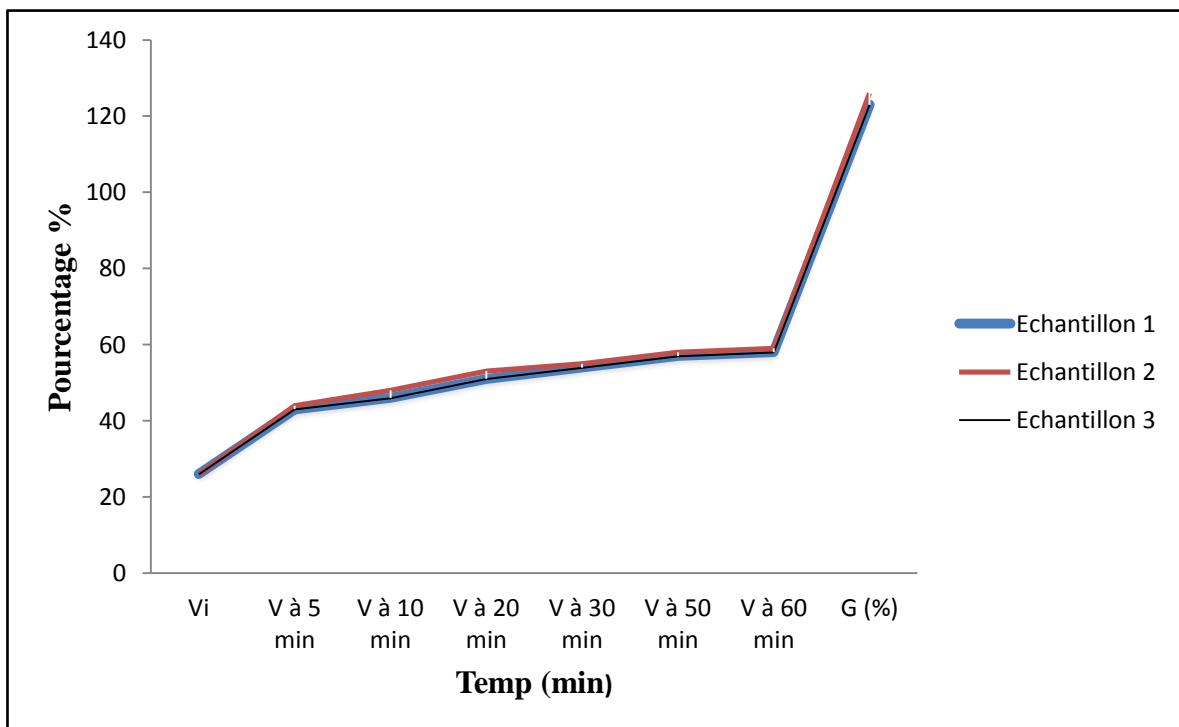


Figure7 : Courbe de gonflement du couscous en fonction du temps

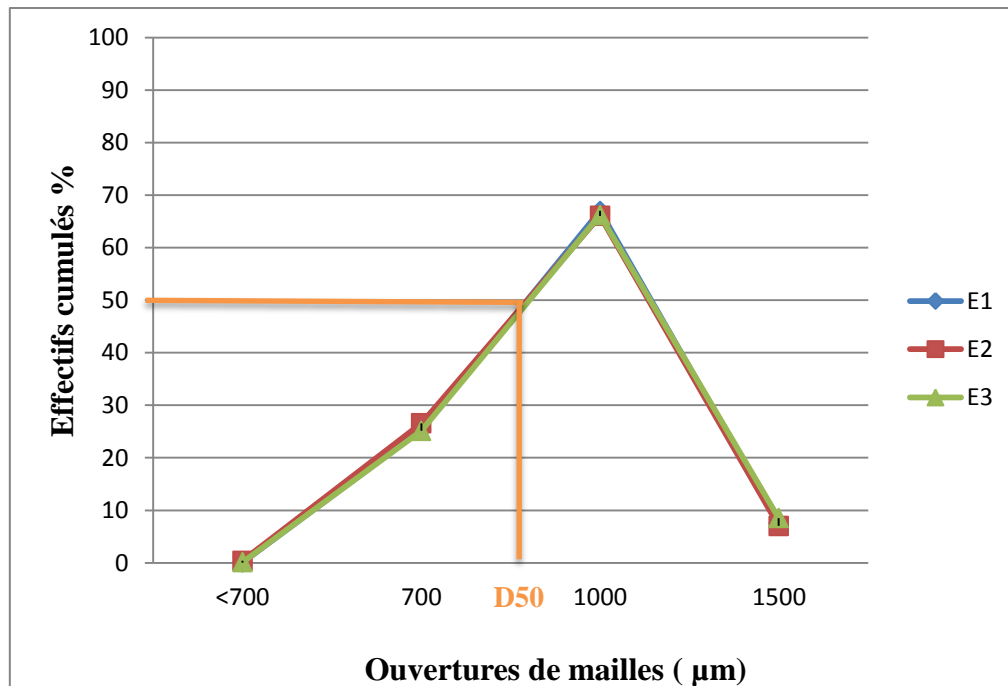


Figure 8 : Courbe granulométrique du couscous en fonction d'ouvertures des mailles

II-4-5-Coloration :

La couleur des grains de couscous dépend en grande partie de la couleur initiale de la semoule de blé dur (Debbouz *et al.*, 1994). Elle se traduit dans l'apparence du produit fini par une teinte claire et une couleur jaune ambré. La coloration est influencée par la quantité de pigments caroténoïdes et flavonoïdes ainsi que par la teneur en enzymes lipoxygénasiques et polyphénol-oxydasiques des variétés de blé dur.

Nos échantillons de couscous sont caractérisés par des valeurs (tableau IX) légèrement élevé le pour le couscous après cuisson par rapport au couscous avant cuisson et d'après (Bekradouma, 1992 ; Boudreau *et al.*, 1992 ; Guezlane, 1993 ; Belaid *et al.*, 1994), l'indice de jaune augmente au cours de la Précuisson du couscous Yousfi (2002) a observé que la perte en caroténoïdes est plus élevée chez les échantillons non précuits (figure 9) ayant leurs enzymes d'oxydation préservées d'une dénaturation thermique) que ceux précuits.

Avant



Après



Figure 9 : couscous avant et après cuisson

II-5-L'analyse statistique :

L'analyse statistique de la variance (ANOVA), par le logiciel STAT BOX version 6.0 à un seuil de signification de 0.05.

II-5-1-L'humidité de la semoule :

L'analyse de la variance pour l'humidité indique un effet très hautement significatif pour le facteur aliment.

Le test NEWHMAN-KEULS permet de ressortir 3 groupes homogènes (Tableau XI).

Tableau XI : Test de NEWHMAN-KEULS pour l'humidité.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
1.0	SEM	14.333	A		
2.0	COUSC	12.533		B	
3.0	SPAG	8.467			C

Groupe A : comprend la semoule.

Groupe B : comprend le couscous.

Groupe C : comprend le spaghetti.

Le groupe **A** contient l'humidité la plus élevée (14.3%) suivi du groupe **B** (12.53%) et en fin le groupe **C** avec la valeur la plus faible (8.46%). Cette différence est probablement due aux conditions de déroulement de séchage. Nous constatons que l'humidité des couscous et les pâtes sont plus faibles que celles des semoules.

II-5-2- Taux de cendres :

Analyse de la variance indique un effet très significatif pour le facteur aliment.

Le test NEWHMAN-KEULS permet de ressortir 2 groupes homogènes (Tableau XII).

Tableau XII : Test de NEWHMAN-KEULS pour le taux de cendres.

F1	LIBELLES	MOYENNES	14	
2.0	COUSC	0.887	A	
3.0	SPAG	0.883	A	
1.0	SEM	0.807		B

Groupe A : comprend le couscous et les spaghetti.

Groupe B : comprend la semoule.

Le groupe **A** contient le taux de cendre le plus élevée 0.88% et le groupe **B** avec un taux de cendres le plus faible qui est de 0.80%.

Nous constatons que le taux de cendres des couscous et des pâtes (groupe A) sont plus élevées que celles des semoules (groupe B).

Cette variation est due probablement à l'apport des éléments minéraux contenus dans l'eau ajoutée au stade de roulage (couscous) et lors de la pastification (spaghetti).

II-5-3- L'indice de jaune :

L'analyse de la variance pour l'indice de jaune à révéler un effet très hautement significatif du facteur aliment.

Le test NEWHMAN-KEULS permet de ressortir 3 groupes homogènes (Tableau XIII).

Tableau XIII : Test de NEXHMAN-KEULS pour l'indice de jaune.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
5.0	cous ap sch	0.717	A		
1.0	semoule	0.63	A		
4.0	cous ap c	0.387		B	
3.0	cous av c	0.367		B	
2.0	Spag	0.22			C

Groupe A : comprend le couscous après séchage et la semoule.

Groupe B : comprend le couscous après cuisson et le couscous avant cuisson.

Groupe C : comprend le spaghetti.

Nous constatons que le couscous après séchage et la semoule ont la teneur la plus élevées de l'indice de jaune (0.71 et 0.63 respectivement) suivi du couscous après séchage et couscous avant séchage (0.38 et 0.36 respectivement) et enfin le spaghetti avec la teneur la plus faible 0.22. Cette différence entre le couscous après séchage et la semoule est due aux traitements hydrothermiques de la précuisson qui selon Bekradouma (1992), entraîne la destruction des lipoxygénase responsable de l'oxydation des caroténoïdes. Une différence aussi remarquée entre le couscous après cuisson et couscous avant cuisson qui est probablement due d'après Ghezlane (1993), l'indice de jaune augmente au cours de la précuisson du couscous, Yousfi (2002) a observé que la perte en caroténoïdes est plus élevée chez les échantillons non précuits (ayant leurs enzymes d'oxydation préservées d'une dénaturation thermique). Les spaghetti ont la teneur la plus faible en indice de jaune cela est probablement due à l'accélération du brunissement lors de l'hydratation qui est responsable d'une oxydation notable des pigments caroténoïdes par l'action des lipases, lipoxygénase peroxydases et polyphénol oxydases (Feillet *et al.*, 1974) ce qui réduit la clarté des pâtes.

Conclusion générale

Conclusion Générale

A l'issue de ce travail réalisé au niveau de l'unité semoule et pâtes alimentaire MIS sise dans la zone industrielle de la commune de Draa Ben Khedda, qui avait pour objectif de rechercher les causes de la baisse de la couleur du couscous par rapport aux pâtes, fabriqués avec la même semoule de départ.

L'analyse du blé destiné aux unités pâtes et couscous, présente un PHL moyen de 80kg/hl, ce qui entraîne une augmentation des rendements en semoule lors de sa trituration. Nous observons un nombre du grain moucheté et des grains mitadinés inférieurs aux normes Algériennes. Ces résultats qualitatifs sont jugés très bons, puisqu'ils répondent aux exigences de la législation algérienne sur les produits céréaliers et dérivés.

Les semoules destinées à la fabrication des couscous et pâtes se caractérisent par une bonne qualité avec des taux d'hydratation des protéines mesurés avec le test au Sodium Diodecyl Sulfate élevés (30 ml) et des teneurs en gluten sec de l'ordre de 11% ms.

Les analyses physicochimiques et technologiques font apparaître que les couscous industriels présentent un bon gonflement à froid et des indices de couleur jaune élevés.

L'analyse statistique pour l'indice de jaune révélé que le traitement hydrothermique influe sur la couleur. En effet, nous remarquons que la couleur augmente en allant des semoules vers les couscous. Le traitement hydrothermique semble être un potentialisateur de la couleur, puisque les teneurs quantifiables sont en augmentation en allant des semoules vers les couscous. Quant aux pâtes, nous observons une diminution en pigments. Cette baisse, s'expliquerait par l'oxydation des caroténoïdes durant les phases de malaxage et de séchage qui se déroule à haute température.

Concernant, les tests physicochimiques et technologiques effectuée sur les pâtes. Nous constatons qu'elles ont un aspect lisse, non collantes et ne se désintègrent pas lors de la cuisson, et supportent bien la surcuisson.

La granulométrie moyenne des couscous est homogène ($D_{50}=750\mu\text{m}$) avec des humidités après séchage et avant commercialisation inférieures à 13.5%. Ce qui présage d'un stockage sans risque d'altération.

Les teneurs en cendres des produits finis sont pour l'ensemble des échantillons analysés élevée comparativement à la semoule de départ.

Conclusion Générale

Cet apport en éléments minéraux, provient de l'eau de process, utilisée lors du roulage et de la pastification.

En conclusion, nous pouvons dire que la baisse de la couleur apparente des couscous par rapport aux pâtes proviendrait de la disposition spatiale des grains de couscous. Les couscous moyens, se caractérisent par des espaces inter grain plus élevés des fins couscous. Ces espaces absorbent plus de lumière. A l'opposé, les pâtes sont formées par des brins continus sans interruption, reflétant la totalité de la lumière incidente.

Pour améliorer la commerciabilité des couscous moyen et même gros nous suggérons, l'utilisation de nouveaux emballages qui permettent d'améliorer sa couleur.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **AACC (American Association of Cereal Chemists), (2000):** AACC Official Method 14-50. In: Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, tenth ed. St. Paul, MN, USA.
- **Abberbache S, Ammouche Z et Merabti A., (1995):** Effet des monoglycerides sur le comportement des fractions lipidiques et protéines du couscous de blé dur. Mémoire Ing. INA.EL HARRACH.
- **Abecassis J et Feillet P., (1985):** Pureté des semoules de blé dur ; taux de cendres et réglementation. Industrie des céréales.
- **Abecassis J., (1991):** La mouture du blé dur ; in : « Les industries de première transformation des céréales ».
- **Abecassis J., (1996):** Les autres aliments à base de blé dur objectif qualité. ONIC IFTC.18.
- **Abecassis J., Autran J.C et Feillet P (1996):** Blé dur. In colloque « perspectives de blé dur ».Ed. NIC, ITCF. France, p26.
- **Abecassis J et Chaurand M., (1997):** Appréciation de la valeur d'utilisation du blé dur en semoulerie et pastification ; in : « Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales ». éd. Tec & Doc LAVOISIER. Paris, p. 746-748, 765-773.
- **Abecassis J., Boggini G., Cuq B et Namoune H., (2012):** Other Traditional Durum Derived Products, In: M.J. Sissons, M. Carcea, M. Marchylo, J. Abecassis, and Durum Wheat: Chemistry and Technology, second éd. AACC International, 2012.
- **AFNOR., (1995):** Recueil de normes- contrôle de la qualité des produits alimentaires : Analyse sensorielle. AFNOR. 5ème édition. Paris. 400 pages.
- **Alais C., Linden G et Miclo L., (2003):** Biochimie alimentaire : les céréales – le pain, 5^{ème} éd., DUNOD. Paris, p.131-134.
- **Alause J et Abecassis J., (1979):** La qualité des nouvelles variétés française de blé dur. Cahiers/Agriculture 1, 1/1.
- **Allaya M et Rucheton G., (2006) :** « Agriculture,peche,alimentation,et développement rural durable dans la région méditerranéenne :situations et perspectives »,chap. 2 :L'approvisionnement céréaliers des pays mediterraneens.Agri.Med.Rapport annuel du CIHEM , Paris,2006,p,35,47.

Références bibliographiques

- **Ames N.P, Clarke J.M, Marchylo B.A, Dexter J.E et Woods S.M., (1999):** Effect of environment and genotype on durum wheat gluten strength and pasta viscoelasticity. *Cereal chem.*76: 582-586.
- **Angar O et Belhouchet L., (2002):** Granulométrie du couscous : relation avec quelques Paramètres de fabrication et la qualité culinaire. Mémoire d'ingénieur. DNATAA, Université Mentouri Constantine. 53 pages.
- **Armand B et Germain M., (1992):** le blé éléments fondamentaux et transformation : Dominique Johnson. Canada (Québec), 435p.
- **Autran J.C., (1996):** La qualité culinaire. De quoi est-elle faite, colloque « perspective blé dur ». Toulouse. Labège. France.
- **Axford W.E., Dermolt M.C et Remdan D.G., (1978):** Note on the sodium dodecyl sulfate test of making quality comparison with pelshenke and Zelenytest. *Cerealchem.* p: 582,584.
- **Barron C., Abecassis J et Chaurand M., (2012) :** Accès à des molécules d'intérêt par fractionnement par voie sèche. *Innovation Agronomiques* 19 : 15-62.
- **Bekradouma D., (1992):** Influence des traitements hydrothermiques de précuisson et de séchage sur la qualité nutritionnelle du couscous de blé dur. DEA. Montpellier. France.
- **Belaid M.R, Belarbi A et Khendek D., (1994).** Rôle des monoglycérides dans l'expression de la qualité du couscous de blé dur. Complexation amylose-monoglycérides. Mémoire Ing. INA. EL HARRACH.
- **Benbelkacem A, Sadli F et Brinis L., (1995).** La recherche pour la qualité des blés durs en Algérie. Ed. Ciheam-options méditerranéennes. 22 : 61-65.
- **Bernnan P., (1984) :** La meunerie .In : Céréales et Oléagineux, manutention, commercialisation et transformation. Ed : institut international du canada pour le grain 1000-303main Streets 3^{ème} Ed.
- **Borrelli G.M., de Lionardis A.M., Fares C., Platini C et Di fanzo N., (2003):** effect of modified processing conditions on oxidative properties of semolina dough and pasta. *Cereal chemistry* (80); pp. 225-231.
- **Boudreau A et Menard G., (1992).** Le blé : éléments fondamentaux et transformation. Éd. Les presses de l'université de LAVAL. Québec, p 29, 32, 34, 101, 102, 131, 173, 197.
- **Boudreau A, Matsuo R et Laing W., (1992).** L'industrie des pâtes alimentaires, pp : 193-223. In « Le blé. Eléments fondamentaux et transformation ». Coordonnateurs : Boudreau A et Menard G., Ed. Les presses de l'Université LAVAL. Canada. 439 pages.

Références bibliographiques

- **Boughazi M., (1990)** : Contribution à la détermination de l'incidence de l'incorporation de la SSSF dans les farines panifiables. Mémoire d'ingénieur (Blida).
- **Boullard B., (1997)**. Dictionnaire : Plantes et champignons. Éd. ESTEM, paris, p.151.
- **Colas A et Petel D., (1984)** : Analyse physique des farines .In : guide pratique d'analyses dans les industries des céréales .Ed : Tec et Doc, LAVOISIER, Paris.
- **Dacosta Y., (1986)** : Le gluten de blé est ses applications. Éd. APRIA. Paris. p. 3, 20, 21, 33, 34, 56. 75.
- **Dagher S.M., (1991)**: Traditional food in the Near East, FAO, food and nutrition paper 50, Rome, 161 pages.
- **Debbouz A., Dick J.W et Donnelly B.J., (1994)**: Influence of raw material on couscous quality. Cereal foods world. Vol 39. p: 231-236.
- **Debbouz A et Donnelly B.J., (1996)**: Process effect on couscous quality. Engineering and processing. Cereal chem. Vol 73. p: 668-671.
- **D'Egidio M.G., Mariani B.M., Nardi S., Novaro P et Cubadda R., (1990)**: Chemical and technological variables and their relationships: A predictive equation for pasta cooking quality. Cereal Chem. 67: 275-281.
- **Derouiche M., (2003)**: Couscous : enquête de consommation à Constantine, fabrication artisanale et qualité. Mémoire de Magister. Université Mentouri Constantine, Algérie.125 pages.
- **Desclaux D., (2005)**: Amélioration de la valeur technologique et commerciale du blé dur : vers une réduction des taux de moucheture et de mitadin. Rapport du projet de recherche. INRA. Montpellier. France.
- **Dexter J.E et Matsuo R.R., (1977)**: Changes in semolina proteins during spaghetti Processing. Cereal Chem. N° 54. pp.882 - 894.
- **Dexter J.E et Matsuo R.R., (1981)**: Effect of starchy kernels, immaturity and shrunken kernels on durum wheat quality. Cereal chem. 58: 395-400.
- **Dexter, J.E., Matsuo, R.R., et Morgan, B.C. 1981**. High temperature drying: Effect on spaghetti properties. J. Food Sci. 46:1741-1746.
- **Dick J.W et Matsuo R.R., (1988)**: Durum wheat and pasta products. In « wheat chemistry and technology In Y.PROMERANZ. Ed.AACC. St. Paul. Minnesota. USA.
- **Dubois M., (1996)**: Les farines : caractéristiques des farines et des pâtes. In « industries des céréales ».N°97.Ed. LAVOISIER, Paris. p 679.Pp 19-29.

Références bibliographiques

- **Duskiewicz Z., Reinhrd K., Khan K., Dich J et Halm Y., (1988):** Shelf life stability of spaghetti fortified with legume flowers and protein concentrates. *Cereal chem* V65, n°4, p.278-281.
- **Fares D.I., Platini C., Tamma, G et Leccese F., (1991):** Micro test per la valutazione del color in genotipi di frumentoduro. *Molini D'Italia* 12, 19–21
- **Feillet P., Jeanjean M.F., Kobreh L.K et Lainguelet B., (1974):** Le brunissement des pâtes alimentaires. *Bull. E.N.S.M.I.C.* pp : 190-194.
- **Feillet P., (1986):** L'industrie des pâtes alimentaires : technologies de fabrication, qualité des produits finis et des matières premières. *Ind. Alim. Agric.*, p 103, 110, 979-989.
- **Feillet P et Abecassis J., (1976):** Valeur d'utilisation des blés durs. In : C.R. des Séances de la semaine d'étude sur la céréaliculture, 6• 10 septembre, Gembloux (Belgique), pp. 551-560.
- **Feillet P., (2000):** Le grain de blé : Composition et utilisation. Ed. INRA. Paris, p 23-34, 57, 58, 72-94, 114, 115, 123-135, 187-199, 253, 261, 308.
- **Feillet P., (2003):** Bases biochimiques du brunissement des pâtes alimentaires. INRA, Montpellier. p 431, 432.
- **Franconie H., (2010):** Couscous, boulgour et polenta : Transformer et consommer les céréales dans le monde. Edition Karthala, paris, p.427.
- **Fredot E., (2006):** Connaissance des aliments, bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique : les produits céréaliers. Ed. Tec et Doc. Lavoisier. Paris, p. 161, 162, 166, 167, 190, 191.
- **Fратиanni, A., Irano, M., Panfili, G et Acquistucci, R., (2005):** Estimation of color of durum Wheat. Comparison of WSB, HPLC, and reflectance colorimeter measurements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53, 2373–2378.
- **Garrow J.S, Ralph Ann, James W et Philip T., (2000):** Human nutrition and dietetics. Elsevier health science; 900 P.
- **Godon B., (1991):** Biotransformation des produits céréaliers. Ed. Tec & Doc LAVOISIER. Paris, p.25.
- **Godon B et Loisel W., (1997):** Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales. Collection sciences et techniques. Ed. Lavoisier. Tech. Doc.
- **Gropper S., Smith Jack L et Groff James L., (2009):** Advanced nutrition and human metabolism. Cengage learning. Fifth Edition. 600P.

Références bibliographiques

- **Guarda G., Padovan S et Delogu G., (2004):** Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. Eur. J. Agron. Vol 21. P: 181–192.
- **Guezlane L., et Abecassis J., (1991):** Méthodes d'appréciation de la qualité culinaire du couscous de blé dur. Industrie Alimentaire et Agricole, Vol. 11. P : 966-971.
- **Guezlane L., (1993):** Mise au point de méthodes de caractérisation et étude des modifications physico-chimiques sous l'effet des traitements hydrothermiques en vue d'optimiser la qualité du couscous de blé dur. Thèse de Doctorat d'Etat. INA, El Harrach, Algérie. 89 pages.
- **Haard N., Odunfa S.A et Lee Cherl-HO., (1999):** Fermented cereals: A global perspective. Food and Agriculture Organization of the United Nations; 114P.
- **Hentschel V., Kranl K., Hollmann J., Lindhauer M.G., Bohmand V et Bitsch R., (2002):** Spectrophotometric determination of yellow pigment content and evaluation of carotenoids by high-performance liquid chromatography in durum wheat grain. Journal Agriculture and Food Chem. Vol. 50. P: 6663–6668.
- **Hui Y.H., (2008):** Food Drying Science and Technology: Microbiology, Chemistry and Application. Éd. Destech Publication, Inc., Pennsylvanie, p. 149, 158.
- **Icard-Vernière C., (1999).** De la semoule de blé dur aux pâtes alimentaires fraîches : Evénements physiques et biochimiques. Thèse, Université de Montpellier.
- **Idir D., (2000):** Influence du taux d'extraction et de la granulométrie de semoule sur la qualité technologique du couscous de blé dur. Mémoire de Magister. INA, El-Harrach, Alger. 84 pages.
- **ITCF., (2001):** Autres méthodes d'analyses de la qualité. In : contrôle de la qualité des céréales et des protéagineux .Ed : Tec et Doc. LAVOISIER, Paris.
- **ITGC., 2000.** Qualité des blés durs cultivés en Algérie. 6p.
- **Jeantet R., Croguennec T., Schuk P et Brule G., (2007):** Du blé au pain aux pâtes alimentaires .In « science des aliments biochimie, Microbiologie, procédés, produits »Vol2 : technologie des produits Alimentaires .Ed : Tec et Doc .LAVOISIER. Paris. p137-180
- **Karel K., Josef G, et Ponte J., (2000):** Handbook of cereal science and technology. 2^{ème} edition Marcel Dekker Inc., New York, p. 655.
- **Kaup S.M et Walker C.E., (1986):** Couscous in North Africa. Cereal Foods World, Vol.31. P: 179-182.

Références bibliographiques

- **Kent N. L et Evers A. D., (1994):** Technology of cereals. Éd. Elsevier Science Inc., 4^{ème}éd. New York, p. 234.
- **Kherrif A., (1996):** Effet de la variabilité protéique sur l'expression de la qualité technologique du couscous. Mémoire d'Ingénieur. INRA, El-Harrach, Alger. 61 pages.
- **Kim H., Sieb P., Deyde G et Yand H., (1986):** Milling hard red winter wheat to farina: Comparison of cooking quality and color of farina and semolina spaghetti. Cereal Food World. Vol. 31. P: 810-819.
- **King J.E, Evers A.D et Stewart B.A., (1981):** Black point of grain in spring wheat of the 1978 harvest plant technology. 30:51-53.
- **Kobrehel K., Laignelet B. et Peillet P., (1972):** Relation entre les activités peroxydasiques et polyphénol oxydasiques des blés durs et le brunissement des pâtes alimentaires. C.R Acad. Afric. Fr. Vol. 58. P: 1099-1106.
- **Lefkir S., (2005) :** Influence des conditions de l'hydratation sur la qualité technologique du couscous. Mémoire Magister. INA.EL HARRACH.
- **Landi A., (1995):** Italian durum wheat. Durum wheat in the Mediterranean region cereal.chem.22:33-42.
- **Lepage M et Sims R.P.A., (1968):** Carotenoids of wheat flour: their identification and composition. Cereal chem. Vol 45. P: 600–604.
- **Lorenz K., Dilsaver Wet Lough J., (1972):** Evaluation of triticale for the manufacture of moodles. J. Food Science n°37, p 764-767.
- **Macheix J., (1996):** Moucheture : le point sur les connaissances. Actes du colloque.
- **Mahaut B., (1996):** Comment évalue-t-on la qualité d'un blé dur? In. Le blé dur. Objectif qualité. Ed. ONIC.ITCF. 28-31.
- **Manayshakuntala N et Shadaksharaswamy M., (2001):** Foods: Facts and principles. Second Edition. New Age International Publisher.
- **Martin G., (1998):** L'eau dans les céréales In: Les industries de premières transformations des céréales. Collection science et technologie agroalimentaire. 2ème Edition Tec et Doc. LAVOISIER. Paris.
- **Masseaux C., Bodson B et Lenartz J., (2006):** L'amidon natif du grain de blé : un composé naturel à valoriser par la connaissance de ses propriétés techno-fonctionnelles. Livre blanc "céréales" F.U.S.A et CRA-W Gembloux, p. 3.
- **Matweef M., (1966):** Influence du gluten des blés durs sur la valeur des pâtes alimentaires. Bull. ENSMIC, 213 :133-138.

Références bibliographiques

- **Mebtouche K., (1998):** Caractérisation technologique de quelques lignées de blé dur In : Céréaliculture N° 32. Revue technique et scientifique de l'ITGC. Alger, pp 27-33.
- **Morot-Gaudry J-F., (1997):** Assimilation de l'azote chez les plantes : aspects physiologique, biochimique et moléculaire. Éd. INRA. Paris, p.377.
- **Moussard C., (2006):** Biochimie structurale et métabolique. De Boeck &Larcier. 3éme Edition; 368 P.
- **Navaro D'Egidio M.G, Mariani B.M et Nardi S., (1993):** Combined effect of protein content and high temperature drying systems on pasta cooking quality. Cereal chem.70:716-719.
- **Nouagui S., Ftouhi R et Othmane J.L., (1990) :** Etude physicochimique et microbiologique de deux types de couscous (artisanal et industriel). Annales INA TUNISIE.5.2 :166-177.
- **Okanza Y., (2000):** Caractérisation technologique et biochimique de quelques variétés de blés durs algériens. Thèse Magistère. INA. Alger.
- **Osborne T.B., (1907):** Proteins of the wheat kernel. Publ.84. Granergieinst., Washington pp : 1-19.
- **Ounane G., Cuq B., Abecassis J., Yesli A et Ounane S.M., (2006):** Effects of physicochemical characteristics and lipid distribution in Algerian durum wheat semolina's on the technological quality of couscous. Cereal chem. Vol. 83. P: 377–384.
- **Parker G.D., Chalmers K.J et Rathjen A.J., (1998):** Mapping Loci associated with flour color in wheat (*Triticum aestivum* L.). Theor Appl Genet 97: pp 238-245.
- **Petitot M., Abecassis J., et Micard V., (2009):** Structuring of pasta components during processing: impact on starch and protein digestibility and allergenicity. Food Science technology.p20.521-532.
- **Robert R et Matsuo R., (1984):** Le blé dur, production et transformation. In : céréales et oléagineux.
- **Roussel P.R., (1995):** Pâtes alimentaires et couscous Bull. ENSMIC.
- **Roussel P.R., (2002):** Les pains français évolution, qualité, production ; In ; Guide pratique d'analyse dans les industries de céréales. Collection Science et Technique Agro-alimentaire 2eme Ed. Tec Doc. Lavoisier. Paris : P76-109.
- **Samson M.F et Desclaux D., (2006):** Amélioration de la valeur technologique et commerciale de blé dur : vers une réduction des taux de mouchetures et de mitadin, p.2-4.

Références bibliographiques

- **Scotti G et Mont JM., (1997):** Analyses physique des grains : blé tendre et blé dur ; In : guide pratique d'analyses dans l'industrie des céréales. Ed. Tec et Doc. Lavoisier. Paris, P 79, 88,110.
- **Senator. A., (1983):** Contribution à l'étude de la valeur couscoussière : comparaison entre deux processus de fabrication. Mémoire d'ingénieur. INRA.EL Harrach.
- **Smith J.S. et Hui Y. H., (2004):** Food processing: principles and applications. Éd. Blackwell, Ames, USA, p. 252, 253.
- **Southwell R., Brown Jet Wong P., (1980):** Effect of inoculums density, stage of plant growth and dew period on the incidence of black point caused by alternate in durum wheat. Annal of applied biology.96: 29-35.
- **Taha S.A et Sagi F., (1987):** Relationships between chemical compositions of durum wheat Semolina and macaroni quality. II. ASH, carotenoids pigments and oxidative enzymes. Cereal Rzs. Commun. 15. pp. 123-129.
- **Tigroudja F et Benjouddiouada A., (1999):** Influence de la granulométrie de la semoule Sur la qualité technologique du couscous artisanal de blé dur. Mémoire d'Ingénieur d'Etat. XINA, El-Harrach, Alger. 85 pages.
- **Tingshuangguo., Sanchez Manuel D et Yuguo Pei., (2002):** Animal production based on cropresidues: Chinese experiences. Food & Agriculture; 210 P.
- **Trono D., Pastore D et Difonzo N., (1999):** Carotenoid dependent inhibition of durum wheat lipoxygénase. Journal of Cereal Science. Vol. 29. P : 99-102.
- **Vierling E., (2008):** Aliments et Boissons: Filière et Produits. Doin éditeurs. 3éme édition; 277P.
- **Wieser H., (2000):** Comparative investigation of gluten proteins from different wheat species. Qualitative and quantitative composition of gluten protein types. Eur. Food REStechol.211:262-268.
- **Williams P, Harmein F, Nakkoul H et Rihawi S., (1988):** Crop quality evolutions methods and guidelines. Technical Manual No. 16. Intl. Cen. Agri. Res. In the Dry Areas, P.O. Box.4566, Aleppo, Syria.
- **Yettou N., (1998):** Les méthodes instrumentales d'appréciation de la qualité culinaire du couscous de blé dur. Mémoire de Magister. INA, El-Harrach, Alger. 101 pages.
- **Yettou N., Aït Kaci M., Guezlane L et Aït-Amar H., (1997):** Détermination des caractéristiques viscoélastiques du couscous cuit au moyen du viscoélastographe Chopin. Industrie Alimentaire et Agricole. Vol. 12. P : 844-847.

Références bibliographiques

- **Yesli A., (2001):** Les lipides du blé dur : relation avec la qualité du couscous. Thèse Magister. INA.EL HARRACH.
- **Yousfi L., (2002):** Influence des conditions de fabrication et des modes de préparation sur la qualité du couscous industriel et artisanal. Thèse de magister. Université Mentouri Constantine, Algérie. 140 pages.

Résumé

L'étude de l'évolution de la couleur de la semoule au cours de sa transformation en couscous et en pâtes alimentaires par le dosage de la teneur en beta carotène. Révèle que la granulométrie agit fortement sur la couleur du couscous, puisque les résultats font ressortir que les couscous ont des concentrations en beta carotène plus élevées que celle des semoules de départ. A l'opposé, nous observons une baisse de la couleur des spaghetti, suite aux réactions d'oxydations qui se déroulent durant les phases de pastification.

Mots clé : couscous, spaghetti, beta carotène.

Abstract

The survey of the evolution of the color of the semolina during its transformation in couscous and in food dough by the dosage of the content in beta carotene. Reveal that the granulometry acts strongly on the color of the couscous, since the results make come out again that the couscous have some concentrations in beta carotene more elevated than the one of the departure semolina. To the contrary, we observe a decrease of the spaghetti color, following the reactions of oxidations that take place during the phases of plastic coating

Keyword: couscous; spaghetti; beta carotene.