

BIOTRANSFORMATION DES PRODUITS CÉRÉALIERS

B. GODON
Coordonnateur



apria



Table des matières

Liste des auteurs	VIII
Introduction	IX
Chapitre I – Les constituants des céréales : nature, propriétés et teneurs	1
1. Nature, structure et principales propriétés des constituants	1
1.1 Les glucides	2
1.1.1 Les oses	2
1.1.2 L'amidon	3
1.1.3 Les constituants pariétaux	7
1.2 Les protides	9
1.2.1 Les acides aminés	9
1.2.2 Les peptides	9
1.2.3 Les protéines	10
1.3 Les lipides	16
2. Composition globale des produits céréaliers	17
2.1 Composition globale des grains	17
2.2 Composition globale des parties végétatives	18
3. Composition chimique des différentes parties du grain	19
Chapitre II – Le craquage des grains	23
1. Fragmentation des grains et séparation des fractions	24
1.1 La mouture par voie sèche	24
1.1.1 Le nettoyage et le mouillage	24
1.1.2 Le broyage	25
1.1.3 Le tamisage	31
1.1.4 Les diagrammes de mouture	35
1.1.5 La composition des passages	36
1.2 La turboséparation	40
1.2.1 Le broyage complémentaire	40

1.2.2	La classification ou élutriation dans un sélecteur à air.....	40
1.2.3	La composition des farines turboséparées.....	41
1.3	<i>La mouture par voie humide</i>	44
1.3.1	Le trempage	44
1.3.2	Le dégermage par broyage grossier	46
1.3.3	Le broyage fin et le tamisage.....	47
1.3.4	Le raffinage de l'amidon et des protéines.....	47
1.3.5	Les produits et co-produits	47
2.	Séparation des constituants des fractions.....	49
2.1	<i>La délipidation des germes de maïs</i>	49
2.1.1	Extraction de l'huile par pression-extraction	49
2.1.2	Extraction directe de l'huile	51
2.1.3	Raffinage de l'huile	51
2.1.4	Caractéristiques des tourteaux	53
2.2	<i>La séparation solide-solide</i>	53
2.3	<i>L'extraction solide-liquide</i>	56
2.3.1	Les procédés d'extraction des protéines de blé	56
2.3.2	La production d'isolat protéique par solubilisation sélective et précipitation fractionnée.....	60
3.	Fractionnement d'un constituant	67
3.1	<i>Fractionnement du gluten de blé</i>	67
3.1.1	Procédé "solubilisation différentielle"	68
3.1.2	Procédé "récupération différentielle"	72
3.1.3	Séparation fine des constituants protéiques.....	74
3.2	<i>Fractionnement des effluents d'amidonnerie</i>	75
	Chapitre III – Les transformations enzymatiques des glucides	79
	Introduction	79
1.	Dépolymérisation de l'amidon.....	81
1.1	<i>Les enzymes amylolytiques</i>	81
1.1.1	Les enzymes spécifiques de la liaison α -(1,4).....	81
	a) Les endo-enzymes.....	81
	b) Les exo-enzymes.....	88
1.1.2	Les enzymes spécifiques de la liaison α -(1,6).....	92
1.1.3	Les enzymes spécifiques des liaisons α -(1,4) et α -(1,6)	93
1.2	<i>Applications industrielles de la dépolymérisation de l'amidon</i>	95
1.2.1	L'hydrolyse industrielle de l'amidon	95
	a) La dextrinisation	95
	b) La saccharification.....	97
1.2.2	Propriétés physico-chimiques des produits d'hydrolyse.....	97
	a) Le "dextrose équivalent" et composition en oligosaccharides	97
	b) Le pouvoir sucrant et le pouvoir cristallisant.....	99
	c) La capacité de rétention d'eau et le contrôle de la pression osmotique	99
	d) Le pouvoir viscosifiant	100
	e) La fermentescibilité	100
2.	Réactions enzymatiques non hydrolytiques	100
2.1	<i>Isomérisation en fructose</i>	100

2.2 Synthèse d'oligosaccharides	103
2.2.1 Inversion du mécanisme d'hydrolyse	104
2.2.2 Transhydrolases	104
2.2.3 Les transférases et les cyclodextrines (CD)	104
a) Synthèse	106
b) Structure moléculaire des cyclodextrines	109
c) Aspects nutritionnels et toxicité	109
d) Inclusions	110
e) Applications générales des inclusions	112
f) Applications industrielles des cyclodextrines	112
g) Catalyse supramoléculaire	113
3. Hydrogénation	113
3.1 Sirops de glucose	113
3.2 Mélange glucose-fructose	114
4. Applications complexes	116
4.1 Maltage	116
4.2 Brassage	120
4.3 Panification	122
Conclusion	125
 Chapitre IV – Les transformations enzymatiques des protéines de blé ...	129
Introduction	129
1. Propriétés biochimiques des protéines du blé	130
1.1 Généralités	130
1.2 Les prolamines	132
1.2.1 Prolamines riches en soufre	132
1.2.2 Prolamines pauvres en soufre	136
1.2.3 Prolamines de haut poids moléculaires	136
2. Hydrolyse enzymatique des protéines du blé	137
2.1 Généralités	137
2.2 Caractéristiques biochimiques des produits d'hydrolyse	138
2.2.1 Hydrolyse de mélanges protéiques	138
2.2.2 Hydrolyse d'une prolamine pure : identification des peptides	139
3. Utilisation de l'hydrolyse enzymatique pour modifier les propriétés fonctionnelles des protéines du blé	144
3.1 Généralités	144
3.2 Action des protéases dans les pâtes	145
3.3 Hydrolyse enzymatique ménagée du gluten vital	147
3.3.1 Conditions d'hydrolyse et composition des hydrolysats	147
3.3.2 Propriétés fonctionnelles des hydrolysats	149
3.3.3 Activité biologique des peptides : les peptides opiacés	155
Conclusion	155

Chapitre V – Les transformations microbiologiques des produits céréaliers	163
1. L'amidon des céréales comme substrat de fermentation.....	163
2. Production de levure-aliment.....	164
2.1 Procédé Adour-Speichim	164
2.2 Procédé Ircha-Orstom.....	165
2.3 Procédé Symba.....	165
2.4 Procédé Ensam-Inra	166
2.5 Remarques sur les technologies.....	167
2.6 Conclusion.....	169
3. Production de boissons alcoolisées.....	170
3.1 La bière.....	170
3.1.1 Le maltage.....	170
3.1.2 Le brassage.....	172
3.1.3 La fermentation	173
3.2 Le saké.....	174
3.2.1 La matière première	175
3.2.2 Préparation du Koji.....	175
3.2.3 Préparation du Moto.....	175
3.2.4 Préparation du Moromi.....	177
3.2.5 Le conditionnement	177
3.3 Remarques sur la technologie	178
4. La production d'alcool.....	179
4.1 Production d'alcool industriel	179
4.2 Production de whisky	180
4.3 Utilisation de levures amylolytiques.....	181
4.4 Le procédé Hyfas	182
4.5 Remarques sur la technologie.....	182
5. Production de métabolites	184
6. Production de molécules organiques	185
7. Prospectives.....	185
Chapitre VI – Une approche économique du craquage des céréales.....	189
Introduction	189
1. Caractérisation de l'offre et de la transformation	190
1.1 L'offre	190
1.2 La transformation.....	190
2. Méthodologie d'analyse	198
2.1 Présentation de l'exemple.....	198
2.1.1 Schéma global.....	198
2.1.2 Hypothèses techniques et économiques.....	199
2.1.3 Choix à court terme ou long terme	201

2.2	Optimisation des choix à court terme.....	201
2.2.1	Les charges fixes n'interviennent pas.....	201
2.2.2	Le schéma optimal de production	202
2.2.3	Effet d'une augmentation de la capacité de mouture	203
2.2.4	A quel prix vendre des quantités supplémentaires d'une farine ?	204
2.2.5	A quel prix vendre une nouvelle farine ?	205
2.2.6	Coût de substitution des recettes et stabilité de la solution	206
2.3	Analyse de sensibilité. Adaptation aux conditions économiques	207
2.3.1	Variation du prix des produits	207
2.3.2	Evaluation d'une courbe d'offre de farine	208
2.3.3	Prise en compte plus réaliste des marchés.....	208
2.4	Analyse à long terme.....	209
	Conclusion	210
	Annexe 1	212
	Annexe 2	215
	Index.....	219

l'ensemble du grain et stable. Le reste de la paille est purement utilisé en alimentation animale soit à l'état sec, sous forme de paille pour certains élevages, soit à l'état frais ou en ensilage pour les autres. Dans l'optique du fractionnement des divers constituants, la valorisation sera d'autant plus intéressante que la répartition des diverses familles de constituants sera complexe.

En premier lieu, nous indiquerons la nature, la structure et les principales propriétés des constituants.

Puis, nous préciserons les compositions moyennes et extrêmes d'une part des grains, d'autre part des organes végétatifs.

Enfin, nous examinerons la répartition des principaux constituants au sein des grains.

1- NATURE, STRUCTURE ET PRINCIPALES PROPRIÉTÉS DES CONSTITUANTS

Physiologiquement, le grain joue le rôle d'un fruit renfermant une graine - il doit donc protéger le germe pendant le période d'attente et nourrir la plantule lors de la germination. Ceci explique d'une part que les grains aient leur propriété formelle d'enveloppes sèches et dures, constituées essentiellement de cellulose, d'autre part que le cotylédon qui représente 32 à 35 % du grain, accumule toutes les substances nutritives nécessaires : glucides, protéines, lipides, substances minérales, vitamines. Pour permettre leur conservation correcte, les grains sont naturellement peu hydratés : leur teneur en eau varie avec le taux d'humidité de l'air. L'équilibre se situe entre 12 et 13 % selon la température et l'humidité ambiantes. Les valeurs moyennes sont aux environs de 14 % d'eau, mais par séchage ou ventilation, cette teneur est réduite vers les valeurs indiquées précédemment. Cette stabilité offre l'avantage de la facilité de transport, de conservation et de la possibilité de traitements par voie sèche.