

EFFET DU TRAITEMENT HYDROTHERMIQUE DU COUSCOUS DE BLE SUR LES MODIFICATIONS PHYSIQUES DE L'AMIDON

GUEZLANE L. ⁽¹⁾ COLONNA P. ⁽²⁾ ABECASSIS J. ⁽³⁾

(1) Institut National Agronomique El-Harrach Alger

(2) Institut National de la Recherche Agronomique Nantes

(3) Laboratoire de Technologie des Céréales INRA, 2 Place Viala 34060
cedex - Montpellier

Résumé : Le traitement hydrothermique du couscous de blé dur provoque une diffusion de l'amylose hors des fantômes des grains d'amidon. Ce phénomène intervient dès la gélatinisation et se poursuit pendant toute la durée du traitement hydrothermique. La complexation de l'amylose avec les lipides monoacylés présents dans la semoule forme une réticulation partielle au sein des particules de couscous (pseudo-gélfication). Cette complexation n'est pas fonction de l'intensité du traitement mais seulement de la durée du traitement. La teneur en lipides complexable constituerait donc le facteur limitant à l'amélioration de la qualité culinaire du couscous.

Par ailleurs, la susceptibilité à l'hydrolyse enzymatique constitue un bon marqueur du degré de gélatinisation de l'amidon. Une simple mesure de la solubilité du couscous dans l'eau paraît constituer une méthode simple et rapide du degré de complexation de l'amylose.

Mots clés : Amidon - Amylose - Complexion - Lipides - Monoacylé - Couscous - Semoule - Qualité culinaire - Hydrolyse enzymatique - Gélatinisation.

EFFECT OF COUSCOUS HYDROTHERMIC TREATMENT ON STARCH PHYSICAL MODIFICATIONS

Abstract : The hydrothermic treatment of hard wheat couscous produces an analysis diffusion and of the apparition of starch grains. The phenomenon occurs as soon as gelatinization takes place and continues along the length of hydrothermic treatment. The compound of analysis wity monoacyled lipids present in semolina form a partial reticulation inside coucous particles (pseudo-gelification). This compound does not depend on the intensity of the treatment but solely on the length of the treatment. The complexable lipid content would thus constitute a liwiting factor as regard the improvement of culinary quality of couscous.

More over, the sensitiveness to enzymatic hydrolysis constitue astamper of gelatinozation degree of starch. A simple measurement of couscous solubility in water seems to constitue a simple and rapid method of compound degree of analysis.

Key words : Starch, Amylos, compound, monoacyled lipids, semolina, couscous, culininary quality, enzymatic hydrolysis, gelatinization.

INTRODUCTION

Le couscous est un produit traditionnellement fabriqué à partir du blé dur. Cependant, il n'existe pas de définition spécifique du couscous dans la réglementation, celui ci est simplement apparenté à la famille des produits issus du blé dur tels que les pâtes alimentaires.

L'apparition sur le marché de produits similaires, vendus sous la dénomination couscous mais préparés à partir d'autres espèces de céréales, risque d'introduire une certaine confusion préjudiciable à la bonne information du consommateur, le projet de norme AFNOR (1991) souligne l'intérêt d'utiliser du blé dur pour la fabrication du couscous mais ne définit pas de normes pour évaluer la qualité des produits préparés.

Les quatre étapes de la fabrication du couscous se résument comme suit :- hydratation et malaxage de la semoule (30 à 33% eau) roulage pour obtenir des particules de forme régulière et de granulométrie comprises entre 1000 et 2000 mn - précuisson à la vapeur pour gélatiser l'amidon, le rendre hydrophile et digestible - séchage pour ramener la teneur en eau du produit à 12 % M, H et garantir sa conservation.

Parmi ces étapes de fabrication, l'étape de précuisson constitue le traitement hydrothermique obligatoire permettant d'éviter l'agglomération des particules de couscous au cours de sa réhydratation. En effet, si on supprime cette opération, le produit fini va devenir très collant et sa capacité d'absorption d'eau faible.

L'une des premières conséquences de ce traitement hydrothermique est sans doute le changement de structure et d'état d'amidon. Le granule d'amidon perd sa configuration native, acquiert une structure plus lâche exposant les fonctions hydroxyde au milieu extérieur. De cette manière, le caractère hydrophile du polymère se développe, ce qui se traduit par une fixation d'eau et concrètement par un gonflement et une solubilisation de l'amidon.

Dans ce travail, seront exposées les études effectuées sur le comportement de l'amidon après traitement hydrothermique.

MATERIELS ET METHODES

1. Fabrication du couscous et traitement hydrothermique

Les couscous ont été fabriquées à partir d'une même semoule (variété ARCOUR prévenant du sud de la France , fournissant des pâtes alimentaires d'excellente qualité culinaire avec un profil électrophorétique (type J -45) sur la ligne pilote INRA - Montpellier (Institut national de la recherche agronomique)

Hormis la précuisson , les même conditions de fabrication ont été appliquées à l'ensemble des produits : hydratation (31,5% M. H) , malaxage (20 mn) , roulage (10 mn) et séchage (55 °C pendant 17 heures)

Les traitements hydrothermiques ont été réalisés soit en vapeur détendue (1 et 3 bar) soit en vapeur sous-prcssion (0,5 bar) pendant les durées de 1-2-4-8-16-et 24 minutes . La température des produits au cours des traitements est déterminée de l'aide de capsules d'indicateurs thermosensibles (THERMAX) .

L'énergie absorbée par le produit au cours du traitement hydrothermique a été calculée par la relation suivante : (DELLA VALLE 1992 , communication personnelle)

$$Ea (j/g) = h1 M1 - h2 M2$$

h1 = enthalpie de l'eau en ébullition (j/g)

h2 = enthalpie de vapeur d'eau (j/g)

M1= quantité de vapeur d'eau avant traitement (g)

M2 = quantité d'eau récupérée après traitement (g) .

2. Mesures de comportement de l'amidon

Les analyses des produits ont porté sur :

- Les modifications morphologiques par microscopie en lumière polarisée pour suivre le phénomène de biréfringence .

- Les transformations de la cristallinité de l'amidon par hydrolyse acide ménagée (ROBIN , 1976) , par diffraction des rayons X des Lintners (MERCIER et al , 1980) et par analyse enthalpique différentielle avec un appareil SETARAM DSC 111 (MESRRRES , 1986) .

- Certaines propriétés fonctionnelles , comme l'indice de solubilité et de gonflement dans l'eau (DOUBLIER , 1981) .

RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Modifications morphologiques par microscopie en lumière polarisée

Les observations par microscopie en lumière polarisée ont été faites sur les produits natifs (non hydrolysés) et hydrolysés (Lintners) pour mettre en évidence la cristallinité résiduelle après la lintnérisation .

La perte de la croix de biréfringence est observée par l'ensemble des couscous traités . Seuls le couscous non produit et la semoule de départ laissent apparaître des grains d'amidon individualisés , témoignant de l'existence d'une organisation radiale des macromolécules .

Sur les grains d'amidon faiblement lintnésés (4% d'hydrolyse) , la structure granulaire et la croix de biréfringence persistent . En revanche , une Lintnérisation élevée (+ 70% d'hydrolyse) met en évidence l'apparition de fragments biréfringent.

2. Transformation de la cristallinité de l'amidon

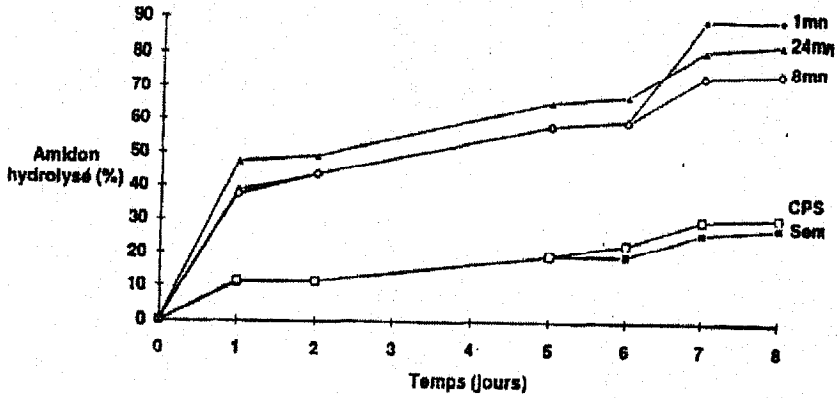
La cristallinité de l'amidon été suivie par hydrolyse acide , diffraction des rayons X et analyse enthalpique différentielle . Les cinétique d'hydrolyse acide ménagée de l'amidon (Figure - 1 -) peuvent être décomposées en deux phases: 1) de 1 à 6 jours d'hydrolyse, les valeurs traduisent en fait l'hydrolyse rapide de la partie amorphe de l'amidon 2) au- delà du 6 jour d'hydrolyse, on atteint un plateau constant. L'hydrolyse plus lente de la partie cristalline est alors observable. ces deux étapes distinctes correspondants aux deux principaux états d'organisation des chaînes dans l'amidon : l'état amorphe et l'état cristallin.

L'évolution du taux d'amidon hydrolysé en fonction du temps montre qu'il y a peu de différences d'un traitement à l'autre de précuisson . Cependant , pour chaque traitement , on observe des différences en fonction de la durée du traitement . Avec 8 minutes de traitement , le pourcentage d'amidon hydrolysé est systématiquement moins élevé que pour les autres durées . Une résistance élevée à l'hydrolyse acide de l'amidon constituerait un bon teste d'évaluation des propriétés de collant du couscous .

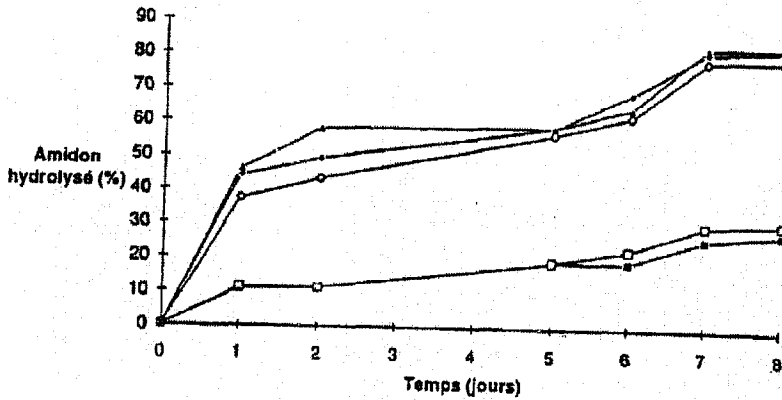
La diffraction des rayonsX permet de suivre les modifications cristallines : le Tableau 1 montre que le résidu d'hydrolyse de la semoule présente un spectre de diffraction des rayons X caractéristique de l'amidon natif (type A) . Les valeurs de l'angle 2θ sont égales à : 23° , 19° , 17° et 15° . Seul le pic à 12° semble quelque peu atténué.

Sur le résidu d'hydrolyse du couscous non traité , un spectre similaire a été enregistré avec cependant des pics très atténués (à l'exception des pics 23° et 19°) . Les résidus d'hydrolyse des couscous traités présentent tous un spectre de diffraction des rayons X sous la forme d'un spectre dit -V -du même type que ceux que l'on obtient en cuisson - extrusion.

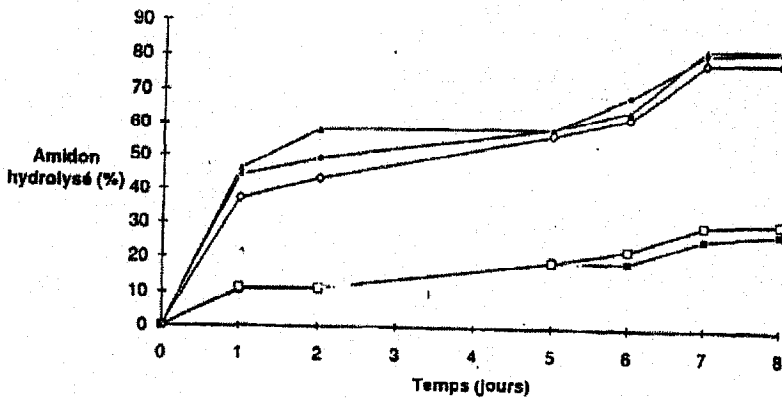
FIGURE - 1 - EVOLUTION DU TAUX D'AMIDON HYDROLYSE EN FONCTION DU TEMPS
(Produits traités à 1 bar en vapeur détendue).



Evolution du taux d'amidon hydrolysé en fonction du temps (Produits traités à 3 bars en vapeur détendue)



Evolution du taux d'amidon hydrolysé en fonction du temps (Produits traités à 0.5 bar en vapeur sous pression)



L'amidon dans le couscous ne présente pas de phénomène de rétrogradation (absence du spectre de type B) ; par conséquent, l'état de gélatinisation instable n'évolue pas vers une nouvelle réorganisation des macromolécules d'amylose, et d'amylopectine. Seuls les cristallinités d'amylose complexés ont donc résisté à l'attaque acide. Ces cristallinités se sont formées rapidement dès refroidissement du produit. L'analyse enthalpique différentielle (AED) est une méthode d'analyse thermique où la gélatinisation de l'amidon natif, selon une cinétique de chauffage, peut être observée. La quantification de cette transformation irréversible est obtenue par les T° de début, et fin ainsi que par l'enthalpie associée (COLONNA, 1986). Quand une suspension de grains d'amidon natifs de semoule (Tableau 2) en milieu aqueux (rapport eau - amidon est égal à 4%) est étudiée en AED, deux pics endothermiques sont mis en évidence : un premier pic (début 50°C , maximum 59°C , fin 70°C) d'enthalpie $5,7 \text{ j/g}$ et le second pic (début 76°C , maximum 92°C , fin 100°C) d'enthalpie $1,5 \text{ j/g}$. Le premier pic ne réapparaît pas si l'échantillon est soumis à une seconde cinétique de chauffage (COLONNA, 1986). Ce pic correspond à la gélatinisation des grains d'amidon. Par contre, le second pic correspond à la fusion des complexes amylose - lipides qui se sont formés au cours de la gélatinisation de l'amidon, ce qui est en parfait accord avec l'absence du spectre de type -V-. Cet endotherme est mis en évidence au voisinage de 100°C , son enthalpie et ses températures caractéristiques sont fonction de la nature et de la quantité des lipides complexants (KUGIMIA et al, 1980).

L'analyse des couscous traités lincrinés (Tableau 2) sont caractérisés par des thermogrammes caractéristiques des complexes amylose-lipides. Ce thermogramme se compose d'un endotherme de fusion des complexes amylose-lipides centré sur 85° en moyenne après 1, 8 et 24 minutes. Les enthalpies respectives sont de $2,3 \text{ j/g}$, $2,1 \text{ j/g}$ et $4,7 \text{ j/g}$. Et d'un endotherme de fusion de amylose qui se déplace vers les hautes températures ($>100^\circ\text{C}$) dont l'enthalpie, exprimée, en j/g est comprise entre $0,5 \text{ j/g}$ et $3,5 \text{ j/g}$ (variation en fonction des durées de traitement).

3. Propriétés fonctionnelles de l'amidon

Elles sont fondées sur les comportements en solubilité et gonflement des amidons (BULEON et al, 1990). Les résultats obtenus sont illustrés sur la figure 2

Les mesures de caractérisation de la structure de l'amidon après traitements hydrothermiques font ressortir deux résultats importants :

- Absence de phénomène de rétrogradation de l'amidon dans le couscous
- Complexation de l'amylose par des lipides monoacylés internes de l'amidon. Cette complexation ne semble pas être fonction de l'intensité du traitement mais qu'elle augmente au fur et à mesure que la durée du traitement se prolonge. Ce

Tableau 1. Spectrodiffractogrammes des rayons X. Comparaison entre le type cristallin initial des amidons et le type cristallin obtenu après hydrolyse acide.

Echantillons	Type initial	type après hydrolyse	Bandes de diffraction après hydrolyse
Semoule CNPS	A A	A A	23° 19° 17° 15° - 23° 19° - - -
CPS 3-1 CPS 3-8 CPS 3-24	AMORPHE AMORPHE AMORPHE	V V V	- 19° - - 12° - 19° - - 12° - 19° - - 12°

Tableau 2. Analyse enthalpique différentielle de Lintners

Echantillons	T° C Début	T° C max	T° C fin	Enthalpie j/g (M.S.)	Types d'endotherme
Semoule	50.1	58.7	69.6	5.7	G
	75.7	92.2	100.1	1.5	M
Semoule à 40 % d'eau	55.1	61.1	70.1	0.8	G
	74.5	83.1	95.4	1.2	M
	99.8	113.1	122.5	1.3	I
CP 1-8	70.6	84.6	98.1	3.7	M
	-	-	-	-	-
CP 1-24	75	83.6	100.3	2.4	M
	126.9	136.4	144.9	3.1	II
CP 3-1	74.5	88.5	100.3	2.3	M
	105.9	116.2	127.2	0.6	II
CP 3-8	69.6	84.9	97.3	2.1	M
	99.3	106.5	111.5	0.5	II
CP 3-24	61.3	83.1	97.1	4.7	M
	99.4	108.5	134.5	3.5	II
CP 0.5-8	66.2	84.8	101.3	4.2	M
	103.8	120.4	131.1	0.6	II
CP0.5-24	71.8	83.1	95.4	1.1	M
	96.4	112.8	131.7	2.8	II

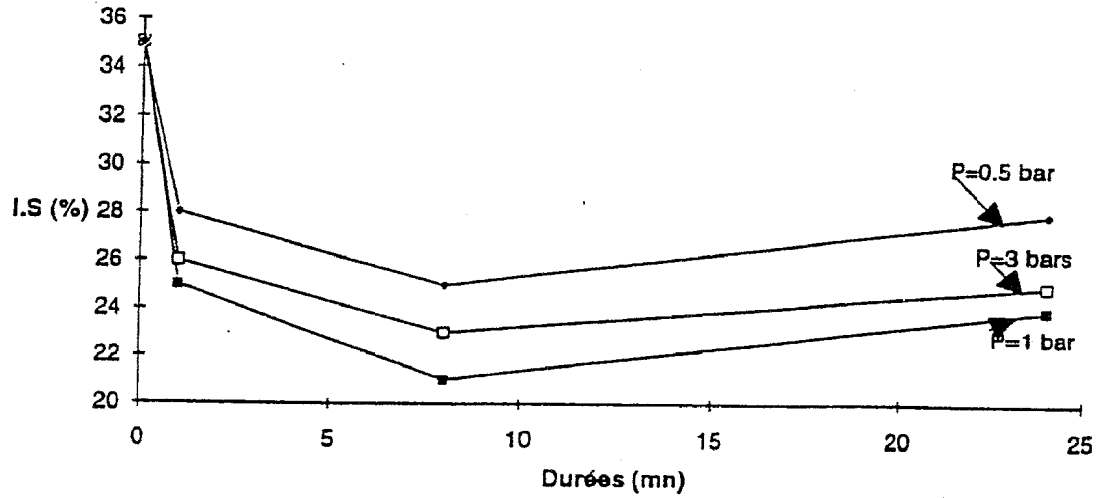
G = endotherme de gélatinisation

M = endotherme de fusion des complexes amylo-lipides

I = endotherme de fusion de l'amidon

II = endotherme de l'amylose rétrogradée (T° >)

FIGURE - 2-EVOLUTION DE L'INDICE DE SOLUBILITE DE L'AMIDON EN FONCTION DES DUREES DE TRAITEMENT



phénomène de complexation de l'amylose au cours du traitement hydrothermique constitue selon nous le mécanisme de base conduisant à la diminution de la prise de masse du couscous lors de sa réhydratation. Cette propriété est souvent utilisée pour améliorer les propriétés organoleptiques de produits alimentaires : ajout de monoglycérides pour diminuer le collant des pâtes alimentaires (MORRISSON , 1987) et ajout des monoglycérides dans le cas des farines extrudées et des Corn Flakes (BORNET , 1992.) . Ce résultat est aussi cohérent avec les pratiques traditionnelles de préparation du couscous au cours desquelles le produit est soumis à deux cuisson successives interrompues par l'adjonction de matières grasses (beurre ou huile d'olive)

CONCLUSION

Sur le plan physico-chimique , nos travaux ont mis en évidence le rôle prépondérant de l'amylose dans le phénomène du collant du couscous . Dès les premières minutes du traitement à la vapeur , l'amylose va être complexée par les acides gras et les monoglycérides de la semoule , ce qui va entraîner une diminution du collant entre les particules du couscous .

Cependant , la quantité de lipides complexables présents dans la semoule est limitée et le phénomène de complexation va donc s'arrêter .

Si on prolonge la durée de traitement , la diffusion de l'amylose va se poursuivre et provoquer , en absence de lipides complexables , une légère remontée du collant . La teneur en lipides constituerait donc le facteur limitant à l'amélioration de la qualité culinaire du couscous .

Références

- 1 - Association française de normalisation, 1991 : recueil des normes françaises; céréales et produit à base de céréales , couscous et spécifications . 1-10
- 2 - BORNET F . 1992 : Technologie des amidons , digestibilité et effets métaboliques . Cah . Nutr . Diet , 3,170-178 .
- 3- BULEON A , COLONNA P , LELOUP V . 1990 : Les amidons et leurs dérivés dans les industries des céréales . Ind . Alim .Agri . 515 - 532 .
- 4- COLONNA P .1986 : Analyse enthalpique différentielle des amidons extrudés . Cuisson - extrusion . Ed . INRA .Paris , 41 , 165 - 174 .
- 5- DELLA VALLE . G , 1992 : Communication personnelle .
- 6- DOUBLIER , J . L , 1981 : Rhéology studies on starch flour behaviour of wheat starch pastes . Starch , 33 , 415 - 420 .
- 7- KUGIMIYA . M , DONAVAN J . M , WONG , R . Y , 1980 : Phase transition of amylose-lipid complexe in starch ; a colorimétrc study . Starch , 32 , 267 - 270 .
- 8- MERCIER C CHARBONNIERE R , GREHALIT . J DE LA GUERVIERE . J.F . 1980 : Formation of amylose-lipid complexes by TWIN -ACREW extrusion cooking of manive starch. Cereal . Chem , 57 , 4-9
- 9- MESTRES . C 1986 : Gélification d'amidon de maïs modifiés thermiquement . Application à la fabrication des pâtes alimentaires sans gluten . Thèse de Doctorat des sciences et technique des productions agricoles , 156 pages .
- 10- MORRISSON W . R . 1981 : Starch lipids : Reappaisal . Starch , 33 , 408 - 410
- 11- ROBIN J . P , 1976 : Comportement du grain d'amidon à l'hydrolyse acide ménagée . Etude physico-chimique et enzymatique de la fraction insoluble . Contribution à la connaissance de la structure de l'amylopectine . Thèse de Doctorat en sciences physiques . Pierre et Marie Curie . Paris .