

PARTIE TECHNIQUE

Etude de la mesure de l'activité de la bêta et de l'alpha-amylase des farines de froment

Par R. GEOFFROY,

Docteur ès Sciences de l'Université.
Laboratoire d'Etude et de Contrôle de la Qualité
des Blés Français.

PLAN DU MEMOIRE

A. — Recherches sur l'activité de la β amylase dans les extraits de farine.

1. — Introduction à l'étude de l'enzyme.
2. — Etude de la β amylase.
 - I. — Conditions expérimentales.
 - II. — Résultats obtenus avec des farines de variétés pures de blé.
 - III. — Discussions.
3. — Variation de la teneur en β amylase dans des passages de farines industrielles.
 - I. — Données expérimentales.
 - II. — Conclusions.

B. — Etude de l' α amylase.

1. — Généralités sur l' α amylase.
2. — Examen de la méthode basée sur le changement de teinte des dextrines résiduelles avec l'iode.
3. — Résultats donnés par l'amylographe.
4. — Discussion de la valeur des deux méthodes.
5. — Etude de la saccharification diastasique à différentes températures.

C. — Conclusions générales.

A. — RECHERCHES SUR LA MESURE DE L'ACTIVITE DE LA β AMYLASE.

I. — Introduction à l'étude de l'enzyme.

Les anciennes données concernant l'amylolyse dans les suspensions et les pâtes de farine de froment sont à réviser ; avant 1950 (1) nous distin-

guions mal la part de l' α et de la β amylase dans la saccharification de l'amidon des farines ; de plus, le rôle de l'amidon lésé par la mouture était entrevu, mais son importance réelle était sous-estimée.

Jusqu'à ces dernières années, les chimistes céréalistes attribuaient les variations des vitesses de saccharification dans les pâtes à des richesses différentes en enzymes ; cette manière de voir le phénomène est partiellement inexacte, car elle ne tient pas suffisamment compte de la nature de l'amidon. Celui-ci, qu'il soit cru, endommagé par les appareils de mouture ou gélifié réagit différemment à l'action des amylases. C'est pourquoi dans notre milieu d'étude constitué par des suspensions de farine, il faut éliminer la variable représentée par l'état physique de l'amidon ; pour cela, après des recherches préliminaires, nous avons décidé de faire agir l'amylase des farines sur un excès d'amidon soluble. Mais pourquoi étudier les suspensions de farine et non les pâtes additionnées de levure, telles que le boulanger les travaille ?

A vrai dire, l'étude des phénomènes saccharifiants dans les pâtes de froment présente beaucoup de difficultés et il est pratiquement impossible d'opérer dans les conditions de la panification ; seule, la méthode du bilan complet de la fermentation telle que nous l'avons établie donne des résultats très représentatifs (2), mais elle est trop compliquée pour des recherches en série et, c'est pourquoi, les chimistes céréalistes suivent l'amylolyse des suspensions de farine.

II. — Conditions expérimentales.

Nous avons effectué, tout d'abord, quelques essais préliminaires présentés dans le tableau I, qui nous ont permis d'adopter un mode opératoire conforme aux directives mentionnées précédemment.

L'amylolyse était suivie par la méthode classique de Rumsey modifiée ainsi : 20 gr. de farine additionnés de quantités différentes d'amidon soluble, pendant des temps variant de 1 à 16 heures, dans 100 cm³ d'eau, la papaïne ne semble pas indispensable mais nous continuerons à en mettre dans certaines séries d'essais, pour libérer la β amylase, le cas échéant.

TABLEAU I

Nature de l'essai	Amidon soluble ajouté	Temps en heure	Maltose formé en grammes
Témoïn	0	1 h.	1,7
Témoïn+0,1 papaïne.	+ 2 gr.	1 h.	4,48
Témoïn+0,2 papaïne.	+ 2 gr.	—	4,49
—	+ 2 gr.	2 h.	5,6
—	—	16 h.	8
Témoïn+0,2 papaïne.	—	—	7,4
Sans papaïne	4 gr.	1 h.	5,55
—	8 gr.	—	8,25

de la façon suivante : action d'un extrait préparé par la macération de 20 gr. de farine dans 200 cm³, deux heures à 20°, filtration claire et action de 100 cm³ du filtrat sur 5 gr. d'amidon soluble, deux heures à 27°.

Avant de discuter de la valeur des résultats du tableau II, nous allons donner quelques renseignements sur la manière dont les farines étaient obtenues. Les blés, très différents par leur origine et leur nature, ont été moulus très soigneusement et dans des conditions les plus exactement comparables au moulin d'essai Buhler, après un condi-

TABLEAU II

Nature de la farine traitée	1 Méthode normale 20 gr. de farine dans 200 cl. 2 h. à 27°	2 Comme 1 mais avec 0,20 de papaïne en plus	3 10 gr. de farine 5 gr. d'amidon soluble dans 200 cl., 2 h. à 27°	4 Comme 3 avec 0,02 papaïne en plus	5
Magdelana (P. Dome) ..	2	2,23	16	16,4	14,2
Magdelana (Nord)	1,6	2,38	15,4	16,6	14,3
Manitoba (Canada)	1,86	2,04	14,6	15,9	13,1
Florence Aurore (Gard).	1,72	2,20	15,2	15,3	15
Florence Aurore (Vaucl.).	1,82	2,23	15	15,5	13,4
Hard Winter (U. S.) ..	1,26	1,58	13,4	15,4	11,7
Blé Dr Mazet	1,40	1,78	15,1	16	12,1
Blé de l'Oïse	1,21	1,43	15,3	15,4	13,3
Blé Yga	1,1	1,32	15,2	15	13,4
Blé de la Brie	1,05	1,12	14,5	14,6	13,1
Blé de la Vienne	1	1,30	15,2	15,2	12,9
Blé Goldendrop (région Nord)	0,98	1,15	13,5	14,2	12,2

En faisant agir l'enzyme pendant le temps nécessaire, à la même température et avec une concentration en amidon soluble suffisante, les chiffres de maltose trouvés représentent bien les richesses relatives des milieux en β amylase ; nous adopterons donc le mode opératoire suivant qui tient compte des résultats présentés dans le tableau I : 10 gr. de farine, mis en suspension dans 100 cm³ d'eau additionnés de 5 gr. d'amidon soluble sont soumis à l'amylolyse deux heures à 27°. Par la suite, ces conditions se sont révélées les meilleures pour l'étude de la β amylase dans les farines provenant de blés de variétés différentes et les chiffres du tableau II, colonne III et IV, ont été obtenus de cette manière. La colonne I représente les résultats de l'autolyse classique de la farine selon Rumsey. On opère simplement en faisant agir l'amylase de la farine sur l'amidon naturel de celle-ci : pour cela on laisse la suspension de 20 gr. de farine, dans 100 cm³ d'eau, une heure à 27° ; la deuxième a été obtenue dans les mêmes conditions, mais avec papaïne pour libérer la β amylase liée.

— Résultats obtenus avec des farines de variété pure :

Les données de la colonne 5 ont été obtenues

tionnement de vingt-quatre heures à 16,5 d'humidité ; l'extraction était réglée à 65 % seulement pour éliminer l'influence des queues de mouture et l'éreintement de l'amidon. Les blés étaient parfaitement sains, sauf le Manitoba 5, qui nous intéressait particulièrement comme nous le verrons plus loin.

Les chiffres des colonnes représentent les quantités de maltose apparues dans les extraits et dans les conditions données rapportées à 100 gr. de farine. Il faut tenir pour valables les chiffres des colonnes 3, 4, 5, obtenus par action, soit de la macération de la farine avec ou sans papaïne, soit par l'étude de l'extrait sur l'amidon soluble.

Comme nous le savons, grâce à cet excès d'amidon soluble, l'influence de l'état originel de l'amidon de la farine est éliminée et la valeur trouvée représente bien l'activité de la β amylase dans le milieu étudié.

III. — Conclusions.

Les conclusions qui se dégagent de l'examen du tableau II peuvent se résumer ainsi : quelles que soient les méthodes employées, on constate des

variations dans les chiffres de maltose, donc des différences dans la richesse en β amylase des farines étudiées. De plus, si on compare les valeurs de maltose obtenues dans les colonnes 1 et 2 à celles des colonnes 3, 4, 5, on constate que les indices de maltose sont augmentés quand la diastase au lieu d'attaquer l'amidon naturel de la farine possède à sa disposition l'amidon soluble qui se prête facilement à l'hydrolyse. C'est dire, une fois de plus, que l'état de l'amidon soumis à l'hydrolyse enzymatique est plus important que les variations de la richesse du milieu en agent actif.

La papaïne libère une partie de la β amylase « liée », suivant le terme ; cette fraction est faible et son action change peu la valeur et le sens des résultats.

3. — Variations des teneurs en β amylase de quelques passages de farine industrielle.

I. — Technique opératoire et résultats.

Les essais précédents ont été exécutés intentionnellement avec des farines tirées à 65 % seulement. En réalité, les farines industrielles sont extraites à 75 % environ, suivant la qualité des blés mis en œuvre : la partie 65-75 % provient des parties périphériques de l'albumen et, de plus, elle est souillée par de fins débris de sons et de germes.

Nous nous sommes proposés d'étudier, dans ce qui suit, les teneurs en β amylase de farines provenant de régions différentes de grain. Pour cela, nous nous sommes adressés à des farines de passage séparées en éléments gros et fins par tamisage sur du 14 et du 220 ; nous aurons chaque fois, dans le tableau, trois farines : farine complète, refus au 14 et extraction au 220 ; l'amylolyse a été étudiée sans et avec amidon soluble.

Nous avons choisi deux farines très pures, mais différentes, B2 du broyage, C1 du convertissage

et la farine la plus souillée du diagramme soit C14 (farine de queue de convertissage).

La colonne 1 du tableau III représente les valeurs de maltose calculées à la manière habituelle, obtenues par amylolyse de 20 gr. de farine dans 100 cm³ d'eau, une heure à 27° ; tandis que les chiffres de la colonne 2 sont obtenus à partir de farines auxquelles on a ajouté, en plus, 5 gr. d'amidon soluble et 0,2 gr. de papaïne.

II. — Conclusions.

L'examen des valeurs du maltose obtenu montre que les différences trouvées dans l'autolyse des extraits de farines effectuée s'annulent quand on ajoute de l'amidon soluble et ceci dans tous les cas. On peut en conclure que les différentes farines du diagramme possèdent sensiblement la même richesse en β amylase et que les variations constatées dans l'autolyse habituelle et dans les vitesses de la fermentation panair proviennent d'une autre cause : l'éreintement plus ou moins marqué de l'amidon par les engins de mouture (*).

B. — ETUDE DE L'*a* AMYLASE.

I. — Généralités sur l'*a* amylase.

L'*a* amylase ou dextrinogénamylase transforme l'amidon en dextrines, à petits poids moléculaires, non colorables à l'iode, tandis qu'il se forme peu de maltose ; elle hydrolyse de préférence certaines liaisons de l'amylopectine. Par cette action, elle abaisse fortement la viscosité des empois et nous utiliserons ces propriétés pour son dosage.

L'étude de l'*a* amylase dans les farines est relativement récente et il existe peu d'étude sur ce sujet. C'est, probablement, parce que les farines n'en contiennent que très peu, quand les blés sont sains. Malheureusement, avec les années pluvieuses qui reviennent presque périodiquement, tous les quatre ans environ apparaissent les blés germés ; ceux-ci sont source d'ennuis pour la meunerie et la boulangerie et l'*a* amylase est responsable, en grande partie, de l'avarie des farines provenant de tels blés.

Autrefois, nous utilisons une méthode basée sur le pouvoir liquéfiant de cette diastase et utilisée en brasserie pour apprécier le pouvoir diastasique des malts : on opérant en plaçant successivement 1 gr. d'amidon de blé dans cinq tubes à essais,

TABLEAU III

Nature de la farine	Maltose 1 h. à 27°	Maltose comme 1 mais avec 5 gr. d'amidon soluble et 0,2 de papaïne
Farine B ₂ :		
complète	0,90	8,5
Refus du 14	0,91	7,7
Extraction 220	1,13	8,1
Farine C ₁ :		
complète	0,81	8,6
Refus du 14	0,62	7,7
Extraction 220	1,08	8,7
Farine C ₁₄ :		
complète	2,8	8,9
Refus du 14	3	9
Extraction 220	2,1	8,2

(*) On constate des variations marquées de l'autolyse dans les macérations naturelles, c'est-à-dire sans amidon soluble : ces différences proviennent pour les éléments gros et fins à un changement dans l'état physique de l'amidon (amidon lésé dans les parties fines et en fin de mouture. Cette question fait l'objet d'une étude en cours.

puis on versait 1, 2, 3, 4, 5 cm³ d'extrait de la farine à étudier et on complétait à 10 cm³. Les cinq tubes étaient placés dans un bain-marie à 70° et on agitait presque aussitôt pour obtenir un empoi homogène, après un quart d'heure de contact, on élevait rapidement la température à 100°, puis les tubes étaient refroidis à 18°. On les retournait et on notait le tube dont le contenu s'écoulait facilement.

Ce procédé de dosage est peu précis, aussi par la suite nous avons utilisé une autre méthode basée sur la dégradation des dextrines suivie par leur changement de coloration avec l'iode et une méthode viscosimétrique effectuée avec l'amylographe.

2. — Examen de la méthode basée sur les changements de teinte des dextrines résiduelles avec l'iode.

Cette méthode, dérivée de celle de Wohlge-muth (3), nous a été aimablement communiquée par M. Hay, Chimiste en Chef des Dept Ford Bridge Mills, que nous sommes heureux de remercier ici.

Elle consiste à transformer l'amidon en dextrines à l'aide de la β amylase du soja, dans des conditions déterminées ; on fait agir ensuite les extraits de farine à étudier sur ces dextrines, jusqu'à disparition de la couleur rose donnée par l'iode. En effet, les dextrines résiduelles de l'action de la β amylase donnent encore la coloration bleue à l'iode, mais celle-ci disparaît plus ou moins rapidement sous l'action de l' α amylase en passant par le violet, le rouge orangé, le rose et le jaune, en fin de réaction.

Le mode opératoire est le suivant : la β amylase est extraite à partir de 10 gr. de farine de soja, par macération, pendant 30 minutes dans 100 cm³ d'eau à 20° et à pH 4,7 ; le liquide obtenu est porté pendant 30 minutes au bain d'eau à 62° pour la coagulation des protéines. Après filtration, 25 cm³ de l'extrait sont mis à agir sur 100 cm³ d'une solution d'amidon soluble à 1 %, 1 heure à 62°.

Pendant ce temps on prépare les extraits de farine par macération de 10 gr. de farine dans 50 cm³ d'eau à pH 5,6 (solution de chlorure de sodium à 2 % et 1 cm³ d'acétate de chaux N par litre), pendant 1 heure à 30°. Les extraits obtenus sont portés à 62° pendant 15 minutes ; on ajoute alors 7 cm³ des extraits obtenus à 12 cm³ d'amidon transformé par la β amylase du soja ; le mélange contenu dans un tube à essai est agité, puis porté à 62° ; à intervalles choisis, 5, 10, 15 minutes et souvent plus, jusqu'à deux heures pour les farines saines, des échantillons de 0,2 cm³ sont prélevés et ajoutés dans des tubes contenant 5 cm³ d'une solution d'iode récente ; on la prépare à partir d'une solution de 6,5 gr. d'iode et 1,5 gr. d'iodure de

potassium par litre ; on en dilue 10 cm³ dans un litre pour l'emploi.

La disparition de la couleur rose est le terme de la réaction ; il faut un temps très long, dépassant une heure avec les farines françaises obtenues avec des blés sains et d'extraction normale. Les résultats obtenus sont présentés par la suite, en parallèle avec ceux donnés par l'amylographe, tableau IV.

On admet que la richesse en α amylase est inversement proportionnelle au temps nécessaire pour obtenir la décoloration de la solution dextrine-iode.

3. — Etude des résultats donnés par l'amylographe Brabender.

L'amylographe Brabender est un viscosigraphe qui enregistre la gélatinisation de l'amidon d'une suspension de farine chauffée progressivement de la température ambiante à 90°, par l'application d'une hausse régulière de température.

L' α amylase est, comme nous le savons déjà, une diastase de liquéfaction du gel d'amidon, et les mesures viscosimétriques doivent permettre d'enregistrer les variations de son état physique pendant l'action diastasique.

Le mode opératoire est le suivant : 80 gr. de farine et 450 cm³ d'eau sont mélangés dans un appareil malaxeur qui assure l'homogénéisation de la suspension ; celle-ci est placée dans le bol de l'appareil et le mécanisme chauffant est mis en route. Un dispositif spécial enregistre continuellement la viscosité de la suspension tandis que la température monte régulièrement de 1°, 5 par minute jusqu'à 90°. La viscosité s'élève quand la gélatinisation commence, c'est-à-dire un peu avant 60° pour atteindre un maximum déterminé, variable suivant la richesse en diastase des farines. En effet, par suite de l'élévation de température, il y a compétition entre la gélification de l'amidon qui tend à augmenter la viscosité du milieu et l'action des amylases, surtout l' α amylase qui liquéfie le gel en formation. La courbe qui représente la viscosité de l'ensemble monte plus ou moins haut, la graduation va de 0 à 1.000 ; une farine donnant 500 de viscosité est considérée comme normale et donne généralement satisfaction en boulangerie, quand les autres facteurs sont corrects.

4. — Examen critique des résultats donnés par les deux méthodes.

Les chiffres du tableau IV représentent les résultats des dosages de l' α amylase par la méthode de décoloration des dextrines résiduelles additionnées d'iode et par viscosimétrie. Parmi de nombreuses analyses, nous avons fait figurer trois séries de valeurs susceptibles de mieux représenter l'allure des phénomènes étudiés ; le premier groupe mou-

ture à 65 % comprend une série de farines saines sauf celle du Manitoba 5 dont la maturité avait été arrêtée par la gelée. Ces farines ne possèdent que des traces d' α amylase, exception faite pour celle du Manitoba 5 qui est riche en enzyme, celle-ci existant dans le blé avant maturité, il faut plus de deux heures pour obtenir une atténuation de la couleur des dextrines, c'est le cas général.

TABLEAU IV

Résultats comparatifs de l'action de l' α amylase

Nature de la farine	Temps nécessaire pour arriver à la décoloration rose en heure et min.	Viscosité maxima obtenue à l'amylographe
a) Mouture à 65 % de blés purs :		
Florence Aurore .	Pour ces farines, après 2 h. dimin. de la teinte viol. en orange seulem. 30 min.	650
Plata		600
Hard Winter		1.000
Fylgia		700
Manitoba 5		600
b) Farines de passage (blés sains) :		
Farine B ₂	2 h.	800
Farine C ₁	3 h. 30	950
Farine C ₁₄	30 min.	200
Far. brosse à son.	1 h.	400
c) Farines commerciales PS-2. Blés récoltés 54, touchés par la germination :		
Farine Sud-Ouest.	60 minutes	730
Farine rég. par. 1	60 minutes	600
— 2	60 minutes	560
— 3	45 minutes	450
— 4	45 minutes	400
— 5	60 minutes	550
Far. rég. Nord . . .	40 minutes	300
Far. rég. Est	10 minutes	160

Considérons maintenant les farines de passage : on constate que la farine de fin de mouture, C14 dans notre cas, est relativement riche en amylase ; c'est une propriété particulière de cette farine que l'on retrouve constamment dans l'étude du diagramme des moulins. Par contre, les farines B2 et C1 sont pauvres en enzyme et rentrent dans le cas général des farines.

L'intérêt de cette étude s'applique surtout aux farines de blés plus ou moins avariés par germination (bas du tableau) : une farine Est a sa solution iodée décolorée après dix minutes (temps record de toutes les farines) et, comme on pouvait s'y attendre, elle est très riche en α amylase. Si l'on compare les valeurs α amylase obtenues par la méthode à l'iode et les données viscosimétriques, on observe une concordance satisfaisante ; la similitude des indications n'est pas fortuite. D'après ce

que nous savons du mode d'action de l' α amylase, l'attaque de l'amidon pour le scinder en petites molécules conduit à la liquéfaction du gel. C'est d'ailleurs pourquoi on appelle souvent l'enzyme, diastase liquéfiant.

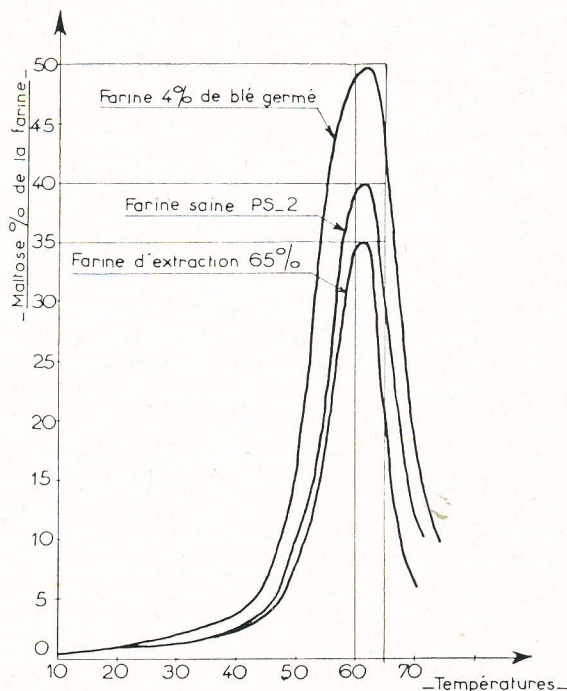
Mais dans le milieu eau farine chauffée à 90°, il s'effectue d'autres réactions qui viennent se superposer à celles examinées plus haut et qui, moins marquées, ont cependant une réelle influence. Que se passe-t-il dans une suspension de farine chauffée à 90° ? Il y a gélification de l'amidon à partir de 55° et la viscosité du milieu tend à augmenter avec la température ; par contre, deux facteurs agissent en sens inverse pour la diminuer : les actions simultanées de l' α et de la β amylase. Le rôle de la première est prépondérant mais celui de la deuxième n'est pas négligeable. C'est pourquoi le point de viscosité maximum obtenu avec les farines saines (donc exemptes d' α amylase) dépend, premièrement de la concentration en β amylase, deuxièmement de la dureté du gel obtenu. La première question a été traitée antérieurement et nous savons que les farines possèdent des quantités variables de β amylase sous la dépendance de la nature du blé ; quant aux différences de structure physique constatées sur les amidons, nous en traiterons prochainement ; notons dès maintenant qu'elles existent, cette propriété fait partie des caractères variétaux modifiés dans sa nature physique par la mouture.

L'intérêt de l'amylographe Brabender est de présenter le résultat global de l'action des deux amylases sur l'amidon gélifié de la farine, dans le milieu originel de celle-ci, en passant par des températures progressives. L'essai est la reproduction enregistrée des phénomènes apparaissant dans la panification, pendant la cuisson du pain, quand la pâte passe de la température du fournil à celle de la cuisson interne, soit 90°.

En résumé, étant donné l'importance de l'action de l' α amylase sur la rigidité du gel d'amidon, la viscosité enregistrée par l'amylographe représente avant tout cet effet ; le résultat final est sujet à de légères modifications dues à la richesse en β amylase et à la nature de l'amidon.

5. — Etude de la saccharification diastasique à différentes températures.

En vue de présenter les phénomènes sous une autre forme, nous avons repris une étude déjà ancienne sur la saccharification des suspensions de farine par les amylases à différentes températures : 20 gr. de farine dans 200 cm³ d'eau sont portés pendant 15 minutes à des températures constantes, variant de 20 à 72° : le réducteur exprimé en maltose est dosé dans l'extrait centrifugé. On obtient la série de courbes représentées ci-dessous (4) :



L'action des amylases est d'autant plus énergique que la température monte davantage jusqu'à 62° ; l'accélération est très nette après 50°, commencement de gélification de l'amidon. Quoique les dosages de sucres soient moins démonstratifs que l'essai amylographique, on constate à l'examen des courbes que la farine provenant des blés germés (4 % dans le mélange) coiffe largement la courbe des sucres de la farine saine, celle-ci enveloppant la farine d'extraction plus faible (65 % au lieu de 75 % pour la précédente).

C'est, sous une autre forme, une représentation graphique de ce qui se passe dans l'essai à l'amylographe et dans la cuisson des pains : accélération des phénomènes enzymatiques jusqu'à 62°, puis diminution jusqu'à la cuisson.

La persistance de l'action de l' α amylase avant et surtout après la zone optima explique l'effet désastreux de l'enzyme apporté par les blés germés : l'apport d'un excès de sucres réducteurs, et surtout la liquéfaction prononcée de l'amidon sont catastrophiques en panification. Au départ, les pâtes sont molles et collantes par suite d'un excès d'enzyme et de sucres, au four, le gluten amoindri par le commencement de germination supporte mal l'amoindrissement de la rigidité du gel d'amidon. Aussi le pain est médiocre, il cuit imparfaitement par suite de l'excès de sucre diastasique (il rougit en terme de métier) ; la mie grasse et collante déplaît au consommateur et le pain rassit rapidement. Ces deux dernières caractéristiques des blés

germés sont les plus désagréables et il faut en attribuer la cause à l' α amylase qui liquéfie l'amidon.

C. — CONCLUSIONS.

Nous avons mis au point une technique nouvelle de l'étude de l'activité de la β amylase dans les suspensions de farine ; elle consiste à faire agir l'enzyme à étudier sur un excès d'amidon soluble, dans des conditions de temps et de température déterminées et à doser les quantités de maltose formées.

Nous avons pu mettre en évidence les faits suivants :

a) les farines saines, de même extraction, provenant de mouture de variétés de blés purs montrent des teneurs différentes en β amylase ;

b) malgré ces variations, toutes ces farines sont riches en β amylase ;

c) les farines provenant de toutes les parties du grain possèdent la même quantité d'enzyme.

Nous avons entrepris, par la suite, un travail sur l' α amylase en étudiant comparativement la méthode chimique de décoloration des dextrines résiduelles à l'iode, avec des mesures viscosimétriques de suspension de farine, chauffées à températures croissantes.

La concordance entre les deux méthodes est satisfaisante et nous avons pu vérifier :

a) dans les farines saines, extraites normalement, on ne peut déceler que des traces d' α amylase ;

b) les farines de fin de mouture en contiennent une certaine quantité ;

c) mais les blés germés (avariés dans les champs par temps pluvieux) sont riches en cette enzyme ;

d) l'emploi de l'amylographe, dans des conditions définies, permet de détecter les farines contenant l' α amylase et par conséquent les blés germés.

L'étude de l'effet de ces grains avariés en panification montre l'importance que revêt l'action de l' α amylase et justifie le travail précédent.

Les recherches sur l'action des amylases dans les suspensions de farine ont montré l'importance de l'état physico-chimique de l'amidon ; c'est pourquoi une étude sur cette question est en cours ; elle sera le complément du mémoire précédent.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) JONES C. R. Cereal Chem., 1940.
DUBOIS. Bulle. Assoc. Anc. Elèves, 1949, n° 8 113-170.
GEOFFROY R. Ind. Agri. Alim., 1952, n° 5, 411.
- (2) GEOFFROY R. Bull. Société Chimique Bio.
- (3) WOHLGEMUTH. Bio Chim. Z 1908, n° 9, 1.
HANES et BATTLE. Proc. Roy Soc. B 125-384.
- (4) GEOFFROY R. : **Le blé, la farine, le pain.** Dunod, p. 193.