

cis-3, 4-Tetradecamethylen-cyclohexanon.

Das aus Chloroform-Alkohol umkrystallisierte Semicarbazon schmolz bei 180°.

3,726 mg Subst. gaben 9,831 mg CO₂ und 3,687 mg H₂O

C₂₁H₃₉ON₃ Ber. C 72,15 H 11,25%

Gef. „ 72,00 „ 11,07%

Das freie Keton wurde aus Petroläther bei niedriger Temperatur (Trockeneis-Aceton) umkrystallisiert und zeigte beim Erwärmen einen moschusähnlichen Geruch; Smp 45°.

3,686 mg Subst. gaben 11,053 mg CO₂ und 4,136 mg H₂O

C₂₀H₃₆O Ber. C 82,12 H 12,41%

Gef. „ 81,84 „ 12,56%

Anhang.

Partielle Decarboxylierung von Tetralol-(6)-dicarbonsäure-(5, 7).

4,7 g Tetralol-(6)-dicarbonsäure-(5, 7) wurden 1 Stunde in 20 g Chinolin auf 200° erhitzt. Das Gemisch wurde darauf wie üblich aufgearbeitet, wodurch 1,0 g krystallisierte Tetralol-(6)-monocarbonsäure erhalten werden konnten. Die Säure schmolz nach zweimaligem Umlösen aus verdünnter Essigsäure bei 180° und gab mit Tetralol-(6)-carbonsäure-(5) vom Smp. 174° eine starke Schmelzpunktserniedrigung. Mit einem authentischen Vergleichspräparat von Tetralol-(6)-carbonsäure-(7) vom Smp. 181° gab sie dagegen keine Schmelzpunktserniedrigung.

Die Analysen wurden in unserer mikroanalytischen Abteilung von Hrn. *W. Manser* ausgeführt.

Organisch-chemisches Laboratorium der
Eidg. Technischen Hochschule, Zürich.

236. Recherches sur l'amidon XXXV¹⁾.
La dégradation de l'amylose par l' α -amylase

(2ème communication)

par **P. Bernfeld** et **H. Studer-Pécha**.

(10 IX 47)

Dans le premier mémoire²⁾ nous avons étudié la dégradation de l'amylose par l' α -amylase de malt. Sur la base de cette étude et des travaux d'*Ohlsson*³⁾ et d'autres auteurs^{4), -8)} nous avons établi le schéma de réaction suivant: lors de l'action de l' α -amylase sur l'amylose on distingue deux réactions de vitesse nettement différente.

¹⁾ Communication précédente: *Helv.* **30**, 1703 (1947).

²⁾ *K. H. Meyer* et *P. Bernfeld*, *Helv.* **24**, 359 E (1941).

³⁾ *E. Ohlsson*, *Z. physiol. Ch.* **189**, 17 (1930).

⁴⁾ *C. S. Hanes*, *Can. J. Res.* **13** B, 185 (1935); *New Phytologist* **36**, 101, 189 (1937).

⁵⁾ *M. Samec*, *Z. physiol. Ch.* **248**, 117 (1937).

⁶⁾ *G. A. v. Klinkenberg*, *Z. physiol. Ch.* **212**, 173 (1932).

⁷⁾ *M. Samec* et *M. Blinc*, *Koll. Beih.* **49**, 75 (1939).

⁸⁾ *M. Somogyi*, *J. Biol. Chem.* **134**, 301 (1940).

D'abord une réaction primaire rapide qui aboutit à une scission de 40 à 45% des liaisons glucosidiques de l'amylose. Elle est due à la scission de l'amylose en chaînes plus courtes, puis en oligosaccharides et finalement en maltose et maltotriose, ces derniers dans la proportion de 3 à 2: l'enzyme a hydrolysé des liaisons glucosidiques quelconques, à l'exception des liaisons terminales. La réaction primaire est suivie d'une seconde réaction beaucoup plus lente. Cette dernière est due à une scission lente du maltotriose en maltose et glucose, le maltose n'étant pas hydrolysé du tout par l' α -amylase. Les produits finaux représentent 87% de maltose et 13% de glucose; 57% des liaisons glucosidiques de l'amylose ont donc été scindées.

Depuis, *Myrbäck* et coll.¹⁾ ont publié des travaux sur ce sujet qui sont en contradiction avec notre schéma de réaction. D'autre part, nous avons vu par des essais effectués dans notre laboratoire que la dégradation de l'amylose peut fortement varier selon les conditions de l'essai. Le but du présent travail est d'expliquer les résultats de *Myrbäck*, ainsi que nos propres constatations. Ceci a été possible.

Pour faciliter la compréhension de ce qui suit, nous croyons utile de résumer d'abord les propriétés de l'amylose et de ses solutions en mentionnant également les résultats nouveaux obtenus récemment dans notre laboratoire.

L'amylose, le constituant non ramifié de l'amidon, est un mélange d'homologues dont le degré de polymérisation peut s'étendre de 80 à 2000²⁾. L'amylose a tendance à former des solutions sursaturées dans lesquelles les grandes et les petites molécules se maintiennent mutuellement en solution³⁾. Mais ces solutions ne sont pas stables. Les particules d'amylose s'agglomèrent en effet en formant des particules plus grandes, mais encore invisibles: des submicrons. Le degré de dispersion diminue, la solution d'amylose «vieillit»⁴⁾. Puis la solution devient trouble et finalement l'amylose précipite. Pour désagréger ces submicrons d'amylose et pour obtenir un état de grande dispersion, il suffit de rendre la solution faiblement alcaline (par exemple par l'adjonction de soude diluée), puis de la neutraliser. La solution d'amylose est ainsi «rajeunie»¹⁾. Le degré de dispersion d'une solution d'amylose dépend donc, entre autre, du temps écoulé depuis la dissolution.

La dégradation enzymatique de l'amylose est fortement influencée par le degré de dispersion du polysaccharide. On sait en effet^{4) 5)} qu'une solution d'amylose vieillie est beaucoup plus résistante envers

¹⁾ *K. Myrbäck*, J. pr. [2] **162**, 29 (1943); *K. Myrbäck* et *W. Thorsell*, Svensk Kem. Tidsk. **54**, 50 (1942).

²⁾ *K. H. Meyer*, *G. Noelling* et *P. Bernfeld*, Exper., sous presse.

³⁾ *K. H. Meyer*, *P. Bernfeld* et *E. Wolff*, Helv. **23**, 854 (1940).

⁴⁾ *K. H. Meyer*, *P. Bernfeld* et *J. Press*, Helv. **23**, 1465 (1940).

⁵⁾ *M. Samec*, Z. physiol. Ch. **263**, 17 (1940).

la β -amylase qu'une solution rajeunie. La partie de l'amylose qui a formé des submicrons pendant le vieillissement est soustraite à l'action de l'enzyme. Elle donne finalement un trouble ou même un précipité. Mais même en solution fraîchement rajeunie, l'amylose n'est généralement pas dégradé intégralement par la β -amylase et il faut plusieurs rajeunissements successifs pour le transformer à 100% en maltose. Cette résistance s'explique par la formation de submicrons pendant la réaction enzymatique même. Elle est encore facilitée par le fait que le poids moléculaire de l'amylose ne décroît que lentement lors de l'action de la β -amylase¹⁾, alors que sa solubilité diminue rapidement. En effet la β -amylase fait vite disparaître les fractions de très petit poids moléculaire qui servaient de colloïdes protecteurs.

Nous avons trouvé qu'un phénomène analogue se produit lors de la dégradation α -amylatique de l'amylose. Quoique l' α -amylase scinde l'amylose rapidement en chaînes de petit poids moléculaire on peut constater la formation de submicrons d'amylose résistant à l'action enzymatique, même quand la solution est fraîchement rajeunie.

Ceci a pu être démontré de la façon suivante: nous avons fait réagir de l' α -amylase en concentrations très différentes sur de l'amylose fraîchement rajeuni, et nous avons mesuré l'augmentation du pouvoir réducteur en fonction du temps. Trois préparations d' α -amylase de provenance différente nous ont servi d'enzyme pour ces essais: 1^o de l' α -amylase de pancréas cristallisée^{2) 3)}; 2^o de l' α -amylase de bactérie «biolase», hautement purifiée et contenant environ 70% d'enzyme pure^{2) 4)}; 3^o de l' α -amylase de malt purifiée⁵⁾. Ces trois préparations d'enzyme sont exemptes de maltase. Comme solutions d'amylose nous avons utilisé des extraits aqueux, fraîchement préparés, d'amidon de maïs⁶⁾. Cet amylose est exempt d'amylopectine; il peut être dégradé à 100% par la β -amylase⁶⁾. Pour obtenir le maximum de dispersion, ces solutions d'amylose ont été rajeunies⁷⁾ par un traitement à la soude diluée, suivi d'un rajustement au p_H voulu, immédiatement avant l'adjonction de l' α -amylase. Ces solutions sont ainsi en même temps tamponnées au p_H optimum de l'activité de chacune des trois enzymes utilisées: p_H 5,3 pour les α -amylases végétale et bactérienne et p_H 6,9 avec adjonction de NaCl pour l' α -amylase de pancréas. La température de la réaction était de 35° C. Nous avons

1) *C. S. Hanes*, Can. J. Res. **13** B, 185 (1935); New Phytologist **36**, 101, 189 (1937).

2) L' α -amylase de pancréas cristallisée a été préparée par le Dr. *E. Fischer* et la biolase purifiée par le Dr. *Maria Fuld*. Nous tenons à les remercier.

3) *K. H. Meyer*, *E. H. Fischer* et *P. Bernfeld*, Helv. **30**, 64 (1947); Exper. **3**, 106 (1947).

4) *K. H. Meyer*, *M. Fuld* et *P. Bernfeld*, Exper., sous presse.

5) *K. H. Meyer* et *P. Bernfeld*, Helv. **24**, 359 E (1941).

6) *K. H. Meyer*, *W. Brentano* et *P. Bernfeld*, Helv. **23**, 845 (1940).

7) *K. H. Meyer*, *P. Bernfeld* et *J. Press*, Helv. **23**, 1465 (1940).

suivi le pouvoir réducteur par la méthode de *Willstätter* et *Schudel*¹⁾²⁾, seule méthode permettant de déterminer les groupes aldéhydiques d'un hydrate de carbone quel que soit son poids moléculaire.

Il résulte de ces essais que le degré de scission, atteint à la fin de la réaction primaire, dépend de la concentration de l'enzyme. La scission à ce point est d'autant plus faible que la concentration de l'enzyme est plus petite. Comme on le voit dans les fig. 1, 2 et 3, le même effet se produit pour chacune des trois α -amylases utilisées. L'activité des enzymes ne diminue pourtant pas pendant la durée de la réaction (l' α -amylase de pancréas a été stabilisée par l'adjonction d'une solution de l'enzyme bouillie et filtrée³⁾). Mais si nous effectuons

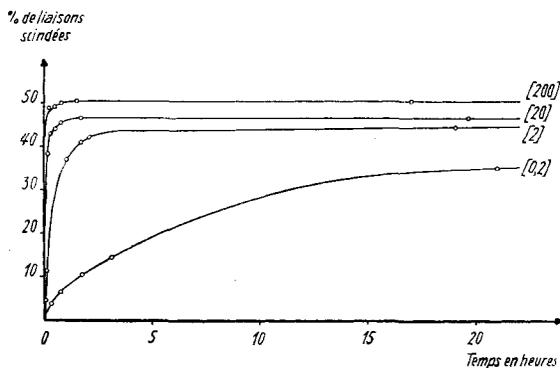


Fig. 1.

Dégradation de l'amylose par l' α -amylase de pancréas aux concentrations d'enzyme de [0,2], [2], [20], et [200].

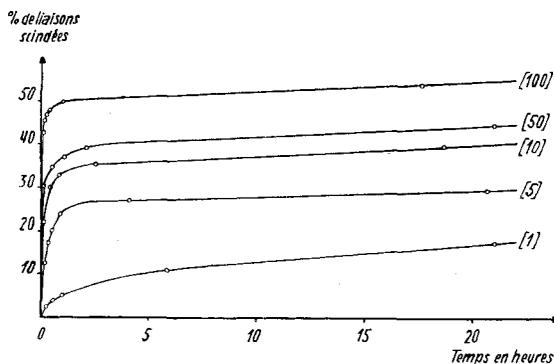


Fig. 2.

Dégradation de l'amylose par l' α -amylase de bactérie aux concentrations d'enzyme de [1], [5], [10], [50] et [100].

¹⁾ *R. Willstätter* et *G. Schudel*, *B.* **51**, 780 (1918).

²⁾ *K. Linderström-Lang* et *H. Holter*, *Ann. chim. anal.* **39**, 116 (1934).

³⁾ *K. H. Meyer*, *E. H. Fischer* et *P. Bernfeld*, *Helv.* **30**, 64 (1947); *Exper.* **3**, 106 (1947).

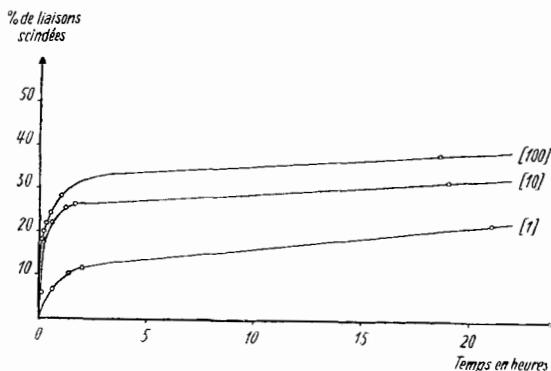


Fig. 3.

Dégradation de l'amylose par l' α -amylase de malt aux concentrations d'enzyme de [1], [10], [100].

pendant la seconde réaction lente un rajeunissement suivi d'adjonction d'une nouvelle portion d'enzyme, la vitesse de réaction augmente brusquement. Le degré de scission devient ainsi plus élevé (voir fig. 4 et 5); il atteint finalement dans tous les cas (éventuellement après plusieurs rajeunissements successifs) des valeurs de scission de 40 à 45%. Par contre, l'adjonction d'une nouvelle portion d'enzyme sans rajeunissement préalable ne provoque aucune augmentation brusque de la vitesse de réaction.

Comme on le sait dans le cas de la dégradation β -amylatique, les submicrons d'amylose donnent après un certain temps un trouble et même un précipité. Par contre, dans le cas de la dégradation α -amylatique ils restent toujours invisibles, le poids moléculaire des chaînes

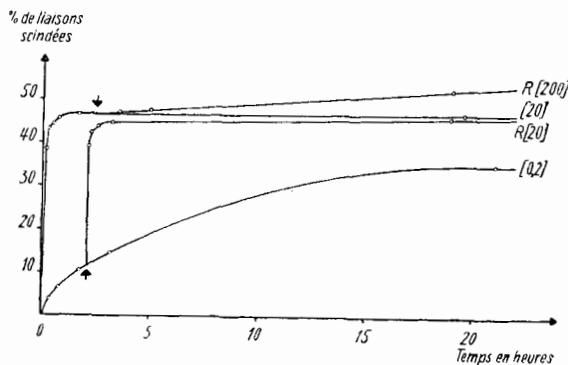


Fig. 4.

L'effet du rajeunissement sur la dégradation de l'amylose par l' α -amylase de pancréas.

↑ = rajeunissement.

[0,2] = concentration d'enzyme [0,2].

R [20] = adjonction d'enzyme, portant la concentration à [20], après rajeunissement.

[20] = concentration d'enzyme [20].

R [200] = adjonction d'enzyme, portant la concentration à [200], après rajeunissement.

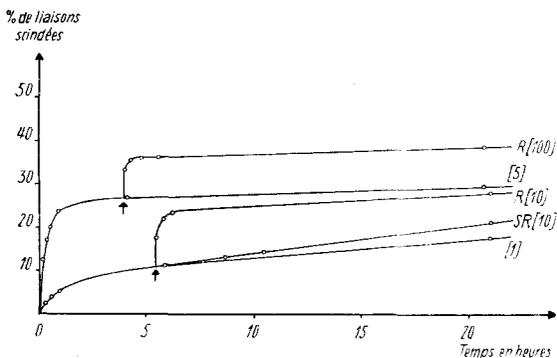


Fig. 5.

L'effet du rajeunissement sur la dégradation de l'amylose par l' α -amylase de bactérie.

↑ = rajeunissement.

[1] = concentration d'enzyme [1].

SR [10] = adjonction d'enzyme, portant la concentration à [10], sans rajeunissement.

R [10] = adjonction d'enzyme, portant la concentration à [10], après rajeunissement.

[5] = concentration d'enzyme [5].

R [100] = adjonction d'enzyme, portant la concentration à [100], après rajeunissement.

d'amylose étant déjà fortement réduit. Leur formation peut néanmoins être observée au néphélomètre en suivant l'augmentation du trouble en fonction du temps (voir fig. 6). Un faible trouble, dû

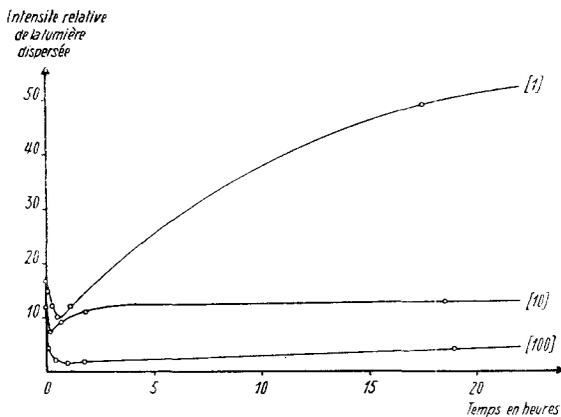


Fig. 6.

Mesure néphélométrique du trouble (intensité relative de la lumière dispersée) lors de la dégradation de l'amylose par l' α -amylase de bactérie aux concentrations d'enzyme de [1], [10] et [100].

à l'amylose, diminue rapidement au début de la réaction, quelle que soit la concentration de l'enzyme. Puis au moment même où la valeur du pouvoir réducteur annonce la fin de la réaction primaire on observe: pour les faibles concentrations d'enzyme, une augmentation progressive du trouble; pour les concentrations moyennes d'enzyme, une augmentation très faible du trouble; pour les fortes concentrations d'enzyme, plus aucune augmentation du trouble.

L'influence de la concentration de l' α -amylase sur la dégradation de l'amylose s'explique donc de la façon suivante: aux concentrations faibles d'enzyme il y a formation de submicrons d'amylose ou d'amylose partiellement dégradé qui sont résistants à l'action de l' α -amylase. Si la concentration d'enzyme est plus grande, une plus grande quantité d'amylose se trouve dès le début sous forme d'une combinaison d'addition entre l'enzyme et le substratum, la formation de ce complexe étant plus rapide que la réaction enzymatique ou la formation de submicrons. L'amylose qui se trouve dans cette combinaison n'est pas capable de former des submicrons, il subira l'action de l'enzyme. La scission atteinte à la fin de la réaction primaire est ainsi plus élevée.

Comme on le voit, selon la concentration de l'enzyme, la réaction primaire peut atteindre n'importe quel degré de dégradation inférieur à 43%. Le même phénomène doit se produire lors de la dégradation α -amylatique de l'amidon. C'est ainsi que *Myrbäck* et coll.¹⁾ ont observé une forte diminution de la vitesse de dégradation α -amylatique quand seulement 22% des liaisons glucosidiques de l'amylose et seulement 13,5% des liaisons glucosidiques de l'amidon sont scindées. Les conclusions de *Myrbäck* quant à la longueur moyenne des chaînes obtenues par la dégradation α -amylatique (5 restes de glucose à partir de l'amylose et 8 restes de glucose à partir de l'amidon) ne sont donc pas justifiées.

RÉSUMÉ.

Lors de la dégradation α -amylatique de l'amylose, une partie de ce dernier subit un vieillissement: il forme des submicrons qui résistent à l'action de l'enzyme. Plus la concentration de l'enzyme est petite, plus les particules d'amylose s'agrègent en formant des submicrons et, par conséquent, plus la dégradation est faible. Mais si la concentration d'enzyme est suffisamment grande, la dégradation aboutit à une scission rapide de 40 à 45% des liaisons glucosidiques de l'amylose.

Partie expérimentale.

Dosage de l'activité enzymatique.

On dose colorimétriquement par l'acide dinitrosalicylique les groupes réducteurs formés par l'action de l'enzyme sur l'amidon soluble à 35° C (voir *Sumner*²⁾ et *Noelting*³⁾).

Réactifs. 1: Solution d'amidon soluble *Zulkowski-Merck* à 1%, contenant par litre 0,016 moles de tampon d'acétate de pH 5,3.

2: Solution d'amidon soluble *Zulkowski-Merck* à 1%, contenant par litre 0,02 moles de tampon de phosphates de pH 6,9 et 0,007 moles de NaCl.

3: Solution contenant 1 gr. d'acide 3,5-dinitrosalicylique, 20 cm³ de NaOH 2 n et 30 gr. de sel de Seignette, portée à 100 cm³.

¹⁾ *K. Myrbäck*, J. pr. [2] **162**, 29 (1943); *K. Myrbäck* et *W. Thorsell*, Svensk Kem. Tidsk. **54**, 50 (1942).

²⁾ *J. B. Sumner*, J. Biol. Chem. **62**, 287 (1925).

³⁾ *G. Noelting*, Thèse, Genève (1947).

Dosage. On fait agir 1 cm³ de la solution d'enzyme pendant 3 minutes à 35° C sur 1 cm³ de **1** pour les α -amylases de bactérie et de malt, ou sur 1 cm³ de **2** pour l' α -amylase de pancréas. Puis on ajoute 2 cm³ de **3**, plonge pendant 5 minutes dans de l'eau bouillante, refroidit, dilue par 20 cm³ d'eau et lit au photomètre contre un blanc sans enzyme traité dans les mêmes conditions.

L'*activité enzymatique*. L'extinction obtenue est exprimée en mgr. de maltose hydraté (C₁₂H₂₄O₁₂) d'après une courbe d'étalon. L'activité de 1 cm³ de la solution enzymatique est exprimée en mgr. de maltose obtenus dans ces conditions de dosage.

La *concentration de l'enzyme* est donnée en activité par volume de solution. Nous désignons par [1] la concentration enzymatique suivante: 1 cm³ d'une solution d'enzyme, possédant dans nos conditions de dosage une activité de 1,50 mgr. de maltose, et dilué à 50 cm³.

Préparation des enzymes.

α -amylase de pancréas, voir ¹⁾; α -amylase de bactérie, voir ²⁾; l' α -amylase de malt a été préparée à partir de l'orge germée ³⁾.

Recherche de la maltase dans les préparations d' α -amylase.

A 2,5 cm³ d'une solution d' α -amylase de concentration [200] on ajoute 2,5 cm³ d'une solution de maltose à 0,1%, tamponnée à p_H 6,9 aux phosphates 0,02 M. Après un repos de 8 heures à 35° C on dose le pouvoir réducteur de 2 cm³ de cette solution et on le compare avec le pouvoir réducteur de 2 cm³ de cette solution immédiatement après l'adjonction de la solution d'enzyme.

Nous avons trouvé que l'augmentation du pouvoir réducteur en 8 heures à 35° est nulle pour chacune de nos trois préparations d' α -amylase, ce qui prouve l'absence de maltase.

Préparation de la solution d'amylose.

20 gr. d'amidon de maïs sont suspendus dans 50 cm³ d'eau de 30 à 40°. Cette suspension est versée très lentement dans 1 litre d'eau à 70° C sous faible agitation. La température de 70° est maintenue pendant 30 minutes, tout en continuant d'agiter lentement. Puis on refroidit et centrifuge pendant 10 minutes à 3000 tours/min. La solution limpide d'amylose est décantée. Pour les essais de dégradation α -amylatique cette solution ne peut servir que le jour même de sa préparation.

La concentration en amylose d'une telle solution est très variable, elle dépend surtout de l'amidon de maïs employé. C'est pour cette raison que nous avons utilisé le même échantillon d'amidon de maïs pour tous nos essais, la concentration ne varie alors plus qu'entre 0,09 et 0,11%. La teneur exacte en amylose de la solution est déterminée pour chaque préparation par hydrolyse acide et dosage du glucose formé.

La dégradation de l'amylose.

650 cm³ de solution d'amylose fraîchement préparée et se trouvant dans un thermostat de 35° C sont additionnés de 10 cm³ de NaOH n. Après 10 minutes de repos on ajoute: pour les essais effectués avec l' α -amylase de bactérie ou avec l' α -amylase de malt 12,5 cm³ de CH₃COOH n, portant le p_H à 5,3, et 7,5 cm³ d'eau; pour les essais effectués avec l' α -amylase de pancréas 12,5 cm³ de H₃PO₄ 1,6 n, contenant 0,28 gr. de NaCl, portant le p_H à 6,9, et 7,5 cm³ d'une solution d' α -amylase de pancréas à 0,5%, bouillie et filtrée³⁾. Immédiatement après on ajoute la quantité voulue d' α -amylase, contenue dans 20 cm³ d'eau. A des temps déterminés on prélève des prises de 100 cm³ dans lesquelles la réaction enzymatique est arrêtée à temps voulu par l'adjonction de 15 cm³ de tampon alcalin (p_H 10,6) selon *Linderström-Lang* et *Holter*⁴⁾. Le pouvoir réducteur est alors dosé selon *Willstätter* et *Schudel*⁵⁾. De ces valeurs de réduction on déduit la valeur de réduction obtenue

¹⁾ K. H. Meyer, E. H. Fischer et P. Bernfeld, *Helv.* **30**, 64 (1947); *Exper.* **3**, 106, (1947).

²⁾ A publier. ³⁾ K. H. Meyer et P. Bernfeld, *Helv.* **24**, 359 E (1941).

⁴⁾ K. Linderström-Lang et H. Holter, *Ann. chim. anal.* **39**, 116 (1934).

⁵⁾ R. Willstätter et G. Schudel, *B.* **51**, 780 (1918).

dans une prise prélevée au temps $t = 0$ qui est la somme de toutes les valeurs à blanc. On exprime les valeurs ainsi obtenues en mgr. de glucose et divise par le nombre de mgr. d'hydrate de carbone total dans 1 cm^3 , ce qui donne le pourcent des liaisons d'amylose scindées. En portant ces valeurs en fonction du temps on obtient des courbes, représentées dans les fig. 1, 2 et 3.

Le contrôle de l'activité enzymatique au cours de l'essai.

Pour contrôler la stabilité de l'enzyme pendant la dégradation de l'amylose, nous avons prélevé à des temps déterminés des prises de 1 cm^3 que nous avons ajoutés à 35°C à 1 cm^3 d'une solution d'amidon *Zulkowski* à 1%. Nous avons dosé le pouvoir réducteur de cette solution après 3 minutes au moyen de l'acide dinitrosalicylique (voir dosage de l'activité enzymatique). La différence entre cette valeur de réduction et celle que donne une prise de 1 cm^3 sans adjonction d'amidon *Zulkowski* est due à l'action α -amylatique sur l'amidon *Zulkowski*. Elle exprime donc l'activité de l'enzyme au temps t . La stabilité de nos trois α -amylases pendant la dégradation de l'amylose à 35° et dans les conditions de nos essais est indiquée dans le tableau 1. L'activité est exprimée en % de l'activité de chaque enzyme au temps $t = 0$.

Tableau 1.

α -amylase de	concentration de l'enzyme	activité		
		après 10'	après 90'	après 20 hrs
pancréas	[10]	100%	100%	80%
bactérie	[10]	100%	100%	87%
malt	[10]	100%	95%	65%

Le rajeunissement.

On effectue des essais de dégradation selon les indications ci-dessus, mais avec des quantités doubles. Quand la vitesse de réaction est devenue très lente, c'est-à-dire après des temps variant entre 90 minutes et 5 heures depuis le début de la réaction, on prélève 650 cm^3 de la solution, on y ajoute 20 cm^3 de NaOH n et on laisse 10 minutes à 35° . On ajoute alors 25 cm^3 de CH_3COOH n, ou 25 cm^3 de H_3PO_4 1,6 n (selon l' α -amylase utilisée et le pH désiré), puis on ajoute immédiatement 20 cm^3 de solution d'enzyme. Cette dernière est en général 10 fois plus concentrée que la première portion. La concentration en α -amylase est ainsi 10 fois plus forte qu'avant le rajeunissement. Le pouvoir réducteur est dosé de la même façon qu'auparavant. Simultanément, on suit la dégradation de la partie qui n'a pas subi de rajeunissement. Lorsqu'il s'agit de plusieurs rajeunissements successifs on procède de la même façon. Les résultats sont donnés dans les fig. 4 et 5.

Mesures néphélométriques.

On effectue des essais de dégradation selon les indications ci-dessus. A des temps déterminés on prélève des prises qu'on examine au néphélomètre. Le trouble relatif observé est exprimé par l'intensité de la lumière dispersée I. En portant le trouble relatif en fonction du temps on obtient des courbes de la fig. 6.

Nous remercions M. le Prof. *K. H. Meyer* de ses précieux conseils et de l'intérêt qu'il a porté à nos travaux.

Laboratoires de Chimie organique et
inorganique de l'Université de Genève.