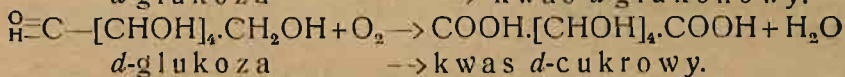
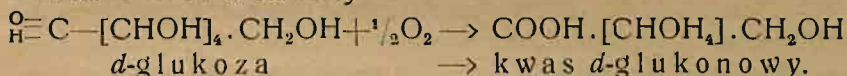


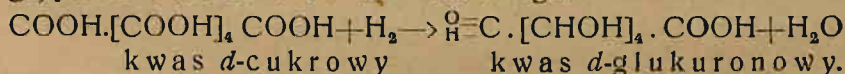
Kazimierz Smoleński.

Próby otrzymywania metylo-glukuronidu przez utlenianie metylo-glukozydu.

Kwas *d*-glukuronowy, jak wiadomo, nie może być otrzymany przez utlenianie *d*-glukozy, w tych czy innych, nawet najdelikatniejszych, warunkach; naskutek wielkiej wrażliwości grupy aldehydowej na utlenianie, otrzymuje się przy utlenianiu *d*-glukozy początkowo kwas *d*-glukonowy, a przez energiczne utlenianie kwas *d*-cukrowy:



Jedyną syntetyczną metodą otrzymywania kwasu *d*-glukuronowego była metoda, podana przez E. Fischer'a ¹⁾, polegająca na odtlenianiu kwasu *d*-cukrowego:



Metoda ta, uciążliwa w wykonaniu, dawała znikome wydajności.

W pracy swojej „Entstehung der Glukuronsäure im Organismus” E. Fischer ²⁾, zastanawiając się nad sprawą powstawania kwasu glukuronowego w organizmach zwierzęcych, dochodzi do przypuszczenia, że tworzy się on z *d*-glukozy przez utlenienie (we krwi), po uprzednim jednakże związaniu grupy aldehydowej z resztką odpowiedniego związku, czyli po uprzednim wytworzeniu glukozydu: ponieważ grupa aldehydowa obrotowa jest w glukozydzie przez grupę, z którą jest związana,

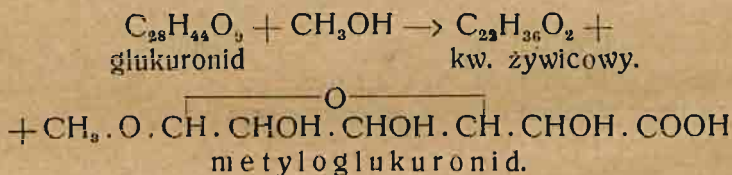
¹⁾ Ber., 24, 521 (1891).

²⁾ Ber., 24, 524 (1891).

przeto utlenieniu ulega pierwszorzędowa grupa alkoholowa i otrzymuje się „glukuronid”, odpowiadający danemu glukozydowi.

Fischer nie uczynił nic, ażeby sprawdzić to swoje przypuszczenie.

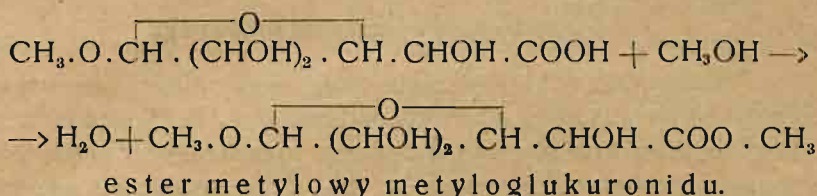
Pracując nad glukuronidem kwasu żywcowego, zawartym w buraku ³⁾, uczyniliśmy (w r. 1914—15, wspólnie ze słuchaczką Instytutu Politechnicznego dla Kobiet w Petersburgu, p-ną S. Lifszycówną ⁴⁾) próby otrzymywania metyloglukuronidu ze wspomnianego glukuronidu kwasu żywcowego, a to w sposób następujący. Zauważyliśmy, że rozczepienie glukuronidu kwasu żywcowego zachodzi z łatwością w roztworze alkoholu etylowego lub metylowego przez działanie nieznacznych ilości stężonego kwasu siarkowego lub solnego, przyczem przesącz, po odczedeniu krystalicznego kwasu żywcowego, nie redukuje prawie zupełnie płynu Fehling’a; wytłumaczyliśmy sobie ten fakt w ten sposób, że przy rozczepianiu w roztworze alkoholowym zachodzi równocześnie zastąpienie reszty kwasu żywcowego w glukuronidzie przez resztę alkoholu, a więc utworzenie odpowiedniego alkilo - glukuronidu nieodtleniającego płynu Fehling’a, np.



Przedsięwzięte badanie dało odpowiedź, zgodną z naszymi przypuszczeniami, z tą tylko różnicą, że produktem bezpośrednio przez taką „alkohololizę” otrzymanym, był ester alkiloglukuronidu np. ester metylowy metyloglukuronidu, którego otrzymanie łatwo jest sobie, w warunkach reakcji, wytłumaczyć:

³⁾ K. Smoleński, Z. f. physiol. chem. 71, 266 (1911); Gazeta Cukrownicza, 36, p. 45 (1911); i 38 (1913); porównaj też „O glukuronidach roślinnych”, Roczniki Chemji, 1, 382 (1921).

⁴⁾ Rękopis tej pracy pozostał w Petersburgu; streszczamy ją tu według posiadanych krótkich notatek.



Z estru tego przez zmydlenie przy ogrzewaniu z roztworem wodorotlenku barowego otrzymywaliśmy metyloglukuronid w roztworze wodnym; przeprowadzaliśmy go w sól brucynową i w tej postaci otrzymywaliśmy go z roztworu alkoholowego w stanie krystalicznym. Analizy i reakcje otrzymanej soli zgadzały się zupełnie z odpowiedniami danymi dla soli brucynowej metyloglukuronidu.

Zachęciło to nas do dalszych badań nad alkilo-glukuronidami i nasunęło, jako jedno z pierwszych zadań do rozwiązania, próby otrzymania metyloglukuronidu z metyloglukozydu. Zastanawiając się nad sprawą tworzenia kwasu glukuronowego w organizmach roślinnych, doszliśmy do wniosku, zbliżonego do wskazanego przypuszczenia Fischer'a co do powstawania kwasu glukuronowego w organizmach zwierzęcych, tłumacząc sobie np. powstawanie glukuronidu kwasu żywcowego przez (enzymatyczne) utlenianie odpowiedniego glukozydu; mieliśmy więc nadzieję przez otrzymanie metyloglukuronidu przy utlenianiu metyloglukozydu znaleźć argumenty, popierające przypuszczenia Fischer'a i nasze.

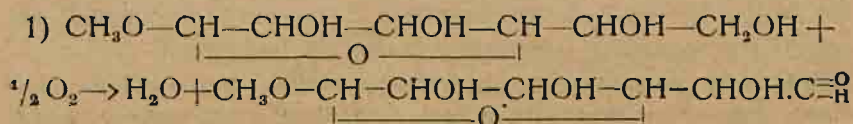
Odpowiednie doświadczenia wykonaliśmy wspólnie z p. A. Porojkowym w pracowni Instytutu Technologicznego w Petersburgu, w r. 1915. Aczkolwiek nie możemy uważać ich za ukończone, decydujemy się na podanie osiągniętych rezultatów do druku. Niemożność otrzymania z Petersburga rękopisów naszych i preparatów, odnoszących się do badań nad glukuronidami, oraz rozpoczęcie obszernych badań w innych dziedzinach, odsuwają ciąg dalszy tych badań na nieokreślony, a daleki termin.

1. Otrzymywanie metyloglukozydu.

Otrzymywanie potrzebnego nam metyloglukozydu uskutecznialiśmy, korzystając z metody, podanej przez E. Fischer'a⁴⁾. 100 gr. czystej krystalicznej d-glukozy rozpuszczono przez gotowanie z chłodnicą zwrotną w 400 gr. czystego (bezacetowego) alkoholu metylowego, uprzednio, po wysuszeniu wapnem, nasyconego suchym chlorowodorem w ilości 0,25%. Otrzymany roztwór, rozlany do 15 rur zalutowanych, ogrzewano przez 50 godzin we wrzącej łaźni wodnej. Po zagęszczeniu otrzymanego roztworu do $\frac{1}{3}$ objętości zarażono go kryształkiem metyloglukozydu, który wywołał obfitą krystalizację. Po odcedzeniu kryształów na lejku Büchnera z otrzymanego przesączu otrzymano przez zagęszczenie jeszcze pewną ilość kryształów. Pierwsze i drugie kryształy przekrystalizowano z alkoholu etylowego, otrzymując 54 gr. czystego α -metyloglukozydu, nie odtleniającego płynu Fehlinga, o p. t. 165°. Przesącz odparówano pod próżnią do stanu suchości i ponownie poddano go działaniu alkoholu metylowego z 0,25% HCl, jak wyżej. Otrzymano w ten sposób jeszcze 8 gr. nieco mniej czystego metyloglukozydu. Wydajność ogólna, wynosząca 62 gr., odpowiada 57% od teorii.

2. Próby utleniania metylo-glukozydu za pomocą bromu.

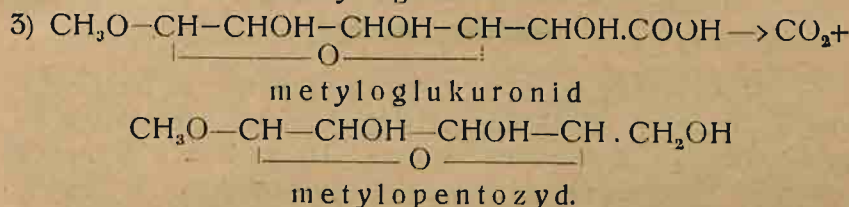
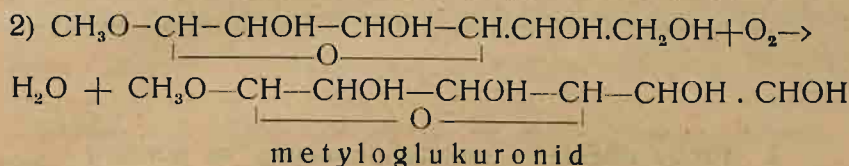
Zanim przejdziemy do opisu prób, zauważymy, że teoretycznie biorąc, utlenianie metyloglukozydu doprowadzić może, zależnie od ilości środka utleniającego i warunków reakcji, [w przypuszczeniu jednak, że wiązanie metyloglukozydowe nie ulega rozerwaniu], do następujących 3-ch produktów reakcji:



a więc do glukozydowej pochodnej „cukru” prostego o dwóch grupach aldehydowych: $\text{H}-\text{C}=\text{O}$ —[CHOH]₄· $\text{C}\equiv\text{O}$; cukry takie, o ile

⁴⁾ E. Fischer, Ber., 28, 1151 (1895).

nam wiadomo, nie są znane; powstawanie ich w naszych warunkach należy uznać za wątpliwe, choć nie wykluczone;



Ta ostatnia reakcja jest zupełnie możliwa i zachodzi, jak przypuszczamy, w roślinach, stanowiąc most przejściowy od heksoz do pentoz, np. od *d*-galaktozy przez kwas *d*-galakturonowy do *l*-arabinozy⁵⁾.

Próba I-sza. Do 3 gr. metyloglukozydu, rozpuszczonych w 10 cm.³ wody, w temperaturze 10° — 15° dodawano roztworu 5, 6 gr. sody i 2, 4 gr. bromu (po kropli, wstrząsając). Po godzinie staniu zubożniono roztwór kwasem octowym, nadmiar bromu zniszczono przez dodanie kwaśnego siarczynu sodowego. Otrzymany roztwór redukował plyn Fehling'a i dawał wyraźną reakcję z naftorezorcyną na kwas glukuronowy.

Ilość bromu w 1-szej próbie, odpowiadała 1. Molowi na cząsteczkę glukozydu; utlenienie do glukuronidu wymaga 2 Moli bromu.

Próba II-ga. Poprzedni roztwór utleniano dalej przez wprowadzenie drugiej cząsteczki bromu, po dodaniu węglanu wapnia dla zubożenia tworzącego się *Br H*. Mieszaninę wstrząsano przez 15 godzin. Poczem, po usunięciu nadmiaru bromu, dopełniono w kolbce do kreski 100 cm.³ i brano po 20 cm.³ na określenie furfurołu, wydzielanego przy gotowaniu z 12% kwasem solnym, według metody Tollens'a i Kröber'a.

⁵⁾ Przypuszczenie to wypowiedzieliśmy po raz pierwszy w referacie, ogłoszonym na II gim Mendelejewskim Zjeździe Chemików Polskich w Petersburgu, w r. 1911; patrz dalej: K. Smoleński, *Gazeta Cukrownicza*, 38, (1913) i 52, 201 (1920), *Roczniki Chemji*, 1, 382 (1920).

Ważąc otrzymany furfurolofloroglucyd i mnożąc ilość jego przez 3, wyliczano zawartość kwasu glukuronowego⁶⁾. Znaleziono 12% laktonu kwasu glukuronowego na wagę wziętego metyloglukozydu.

3. Próby utleniania metylo-glukozydu za pomocą nadtlenu wodoru.

Przekonawszy się przez utlenianie bromem, że metyloglukozyd daje przy utlenianiu metyloglukuronid, przeszliśmy do prób utleniania nadtlaniem wodoru. Do prób tych pociągała nas chęć zbliżenia się do procesów, zachodzących w żywych organizmach, w których utlenianie zachodzi przez działanie oksydaz, aktywujących tlen powietrza. Mieliśmy też na względzie łatwość wydzielenia metyloglukuronidu po utlenieniu: przy utlenianiu nadtlaniem wodoru nie wprowadzamy do roztworu żadnych obcych substancji.

Próba III-cia. Na 1 gr. metyloglukozydu wzięto 10 cm.³ wody i 1,74 gr. (1 Mol) 10% roztworu H_2O_2 (z „Perhydrolu”); ogrzewano przez $\frac{1}{2}$ godz. na siatce, póki wydzielaly się peczęrzyki gazu. Otrzymany roztwór redukował (słabo) plyn Fehlinga i dawał reakcję Tollens'a na kwas glukuronowy.

Próba IV. W dalszych próbach, w celu przyspieszenia reakcji, z myślą, że da się ona wykonać wtedy w temperaturę pokojowej lub przynajmniej 30°—40° (temperaturze organizmów zwierzęcych), zastosowaliśmy dodawanie katalizatorów utleniających. Wypróbowaliśmy dodawanie: $Mn(OH)_2$ (świeżo strąconego), $Fe(OH)_3$ (również świeżo strąconego) i koloidalnego palladu metalicznego.

Do — 2 gr. metyloglukozydu + 17 gr. wody dodano nie-

⁶⁾ Zastosowana metoda dałaby ściśle rezultaty tylko w przypadku nieobecności pentoz; ponieważ obecność ich, jak to widzieliśmy wyżej, była prawdopodobna, należało uzupełnić analizę przez określenie ilości CO_2 wydzielającego się przy tworzeniu się furfurołu z kwasu glukuronowego, metodą Lefèvre'a i Tollens'a (porównaj Biochemische Arbeitsmethoden, II, 139 (1909)). Metodę tę zastosowaliśmy z powodzeniem w badaniach naszych nad związkami pektynowymi, które zawierają grupy galakturonidowe obok pentozydowych.

wielką ilość $Mn(OH)_2$ i węglanu wapnia (w celu zobojętniania powstających kwasów) oraz 3,4 gr. 10% H_2O_2 .

Po wstrząsaniu w przeciągu 20 godz. w temperaturze pokojowej — roztwór nie dawał reakcji z naftorezorcyną; po dalszych 20 godzinach reakcja z ZnJ_2 i krochmalem nie wykryła nadtlenu wodoru, roztwór jednak nie wykazał kwasu glukuronowego.

Wtedy dodano powtórnie 3,4 gr. 10% H_2O_2 i prowadzono reakcję w 40°—45°; po 10 godz. — reakcji na kwas glukuronowy nie wykryto. Wtedy ogrzewano dalej przez 5 godz. w 75° — jednakże i teraz reakcji na kwas glukuronowy nie otrzymano.

Wobec tego zaprzestano dalszych prób z $Mn(OH)_2$. Sądzi my dzisiaj, przeglądając swoje notatki, że niepowodzenie tłumaczy się przez to, że $Mn(OH)_2$, jako nierozpuszczalny osad, nie wywiera działania katalitycznego, — zastosowanie zamiast $Mn(OH)_2$ jakiejkolwiek rozpuszczalnej soli manganu lub przynajmniej niedodawanie $CaCO_3$, który przeszkadzał przejściu $Mn(OH)_2$ do roztworu, prawdopodobnie dałoby rezultat dodatni.

Próby z zastosowaniem koloidalnego paladu nie doprowadziły również do pożądanego skutku. W temperaturze pokojowej H_2O_2 szybko, bo już po 3-ch godzinach, uległ rozkładowi, tlen wydzielił się jednak głównie w postaci cząsteczkowej, a roztwór reakcji na kwas glukuronowy nie wykazał.

Próba V. Natomiast zastosowanie, jako katalizatora, wodorotlenku żelazowego dało rezultaty dodatnie, i z tym katalizatorem przeprowadziliśmy pozostałe próby.

Do 2 gr. metyloglukozydu + 16 cm³ wody dodano 3,4 gr. 10%-go H_2O_2 , dodano octanu sodu aż do reakcji słabo alkalicznej [roztwór „perhydrolu” posiada reakcję kwaśną] i odrobinę świeżo strąconego $Fe(OH)_3$.

Roztwór ogrzewano przez 1 godz. do wrzenia, roztwór zżółkł a później zbrunatniał. Obecności H_2O_2 nie wykryto; roztwór odtleniał plyn Fehlinga i dawał reakcję na kwas glukuronowy.

Ilościowe określenie (j. wyżej) wykazało 4% laktonu kwasu glukuronowego, licząc na wyjściowy metyloglukozyd.

Do roztworu dodano drugą cząsteczkę H_2O_2 i ogrzewano

przez $\frac{1}{2}$ godz. Reakcja na kwas glukuronowy wzmocniła się. Ilościowe określenie dało — 9%.

Próba VI. Ilości, jak wyżej. Próba utleniania w 40° — 50° w przeciągu 3 godz. dała rezultat ujemny, po dalszem ogrzewaniu w przeciągu 2 godz. w 75° — otrzymano wyraźną reakcję na kwas glukuronowy. Odczyn roztworu kwaśny. Przed dodaniem drugiej cząsteczki H_2O_2 zobojętniono go za pomocą octanu sodu, poczem ogrzewano w przeciągu $\frac{1}{2}$ godz. w 75° . Roztwór — kwaśny, H_2O_2 — nie wykryto. Ilościowe określenie kwasu glukuronowego — 10%.

Próba VII. W próbie tej obniżyliśmy temperaturę ogrzewania po dodaniu 2-giej cząsteczki H_2O_2 do 50° i ogrzewaliśmy przez $\frac{1}{2}$ godz.; przed dodaniem drugiej cząsteczki H_2O_2 roztworu nie zobojętnialiśmy. Ilościowe określenie kw.-glukuronowego — 19,5%.

Próby VIII i IX postawiono w celu przekonania się, czy zobojętnianie roztworów (octanem sodu) przed pierwszym i drugim utlenieniem przynosi korzyść czy też szkodę. W VIII-iej próbie dodawano octanu sodu aż do wyraźnie alkalicznej reakcji, w IX nie dodawano go zupełnie. Temperatury ogrzewania: z 1-szą cząsteczką H_2O_2 — 75° , z drugą — 50° . Czas ogrzewania z 1-ą cząsteczką w VIII próbie (alkalicznej) — 3 god., w IX pr. — 2 god. (do zaniku reakcji na H_2O_2), z 2-gą cząsteczką H_2O_2 — w VIII próbie — 1 godz., w IX — 25 min. (do zaniku reakcji na H_2O_2). Z porównania czasu ogrzewania widzimy już, że w środowisku słabo kwaśnem utlenianie zachodzi szybciej, aniżeli w słabo alkalicznem (sole żelazowe w roztworze jako katalizator?). Ilościowe określenie kwasu glukuronowego:

w VIII próbie — 11,5%

w IX próbie — 25,2%

Z doświadczenia tego wyciągamy wniosek, że nie należy zobojętniać roztworu metyloglukozydu, poddawanego utlenieniu za pomocą H_2O_2 wobec $Fe(OH)_3$, jako katalizatora. Przypisując szkodliwe działanie zobojętnienia wytrącaniu tworzących się soli żelazowych z roztworu i słabemu działaniu katalitycznemu nierozpuszczalnego $Fe(OH)_3$, sądzimy że zastosowanie zamiast $Fe(OH)_3$ rozpuszczalnych soli żelazowych (np. octanu

żelazowego) dałoby jeszcze lepsze rezultaty co do wydajności kwasu glukuronowego, pozwalając pracować w niższej temperaturze i skrócić czas ogrzewania. Stosowanie wysokiej temperatury i długotrwałego ogrzewania powoduje zapewne wtórne reakcje (np. odrywanie się CO_2 z kwasu glukuronowego z wytworzeniem pentoz; całkowite spalanie substancji organicznej lub przynajmniej utlenianie na związki proste o krótkim łańcuchu węglowym i t. p.), zmniejszające wydajność kwasu glukuronowego. Doświadczeń w tym kierunku, dla braku czasu, nie wykonaliśmy.

Nie przeprowadziliśmy również systematycznych doświadczeń nad wpływem na rezultaty utlenienia dodawania nadmiaru H_2O_2 , ponad 2 cząsteczki. Dorywcze próby nie dały w tym względzie wyraźnej odpowiedzi.

3. Otrzymanie metyloglukuronidu w postaci soli brucynowej.

Korzystając z doświadczenia, nabytego przez opisane próby, postanowiliśmy utlenić większą porcję metyloglukozydu i otrzymać metyloglukuronid w stanie substancji.

25 gr. czystego metyloglukozydu rozpuszczono w 200 cm.³ wody i dodano 45 gr. 10%-go roztworu H_2O_2 , poczem ostrożnie zubożniono roztwór (ażebym unieszkodliwić „kwasy mineralne” zawarte w „Perhydrolu”) octanem sodu (użyto 0,75 gr. octanu sodu) i dodano niewielką ilość świeżo strąconego $Fe(OH)_3$. Pierwsze utlenienie prowadzono w 75° w przeciągu 3 godzin, a po dodaniu 2-giej cząsteczki H_2O_2 w 50° w przeciągu 1 godziny. Przy utlenianiu wydzielaly się niewielkie ilości gazu, zawierającego CO_2 .

Otrzymany po utlenieniu roztwór przerobiono w następujący sposób.

Przez dodanie nieznaicznych ilości roztworu octanu ołowiu strącono uboczne produkty reakcji, dające z octanem ołowiu nierozpuszczalne związki ołowiowe. Specjalną próbą przekonaliśmy się, że strącony osad nie zawiera kwasu glukuronowego. Przesącz strącono teraz roztworem zasadowego octanu ołowiu, dodając w końcu jeszcze pewną ilość roztworu $Ba(OH)_2$.

W ten sposób otrzymaliśmy w osadzie prawie wszystkich metyloglukuronid w postaci soli zasadowej z ołowiem. Przekonaaliśmy się o tem, wykonawszy reakcję z naftorezorcyną z jednej strony z osadem, z drugiej z przesączem: pierwszy dawał bardzo intensywną reakcję, drugi — zupełnie słabą. Osad soli ołowiowej glukuronidu odcedzono, przemyto starannie wodą i rozłożono siarkowodorem. Po odciedzeniu od siarczku ołowiu, przemyciu osadu gorącą wodą i wypędzeniu z otrzymanego przesączu nadmiaru H_2S , otrzymano prawie bezbarwny roztwór, wykazujący silną reakcję z naftorezorcyną. Przesącz ten zagęszczono pod próżnią na mniejszą objętość.

Otrzymany roztwór przerobiono na sól brucynową. Dodano brucyny, ogrzewając i mieszając, aż do wyraźnie alkalicznej reakcji, na co użyto 7 gr. brucyny. Roztwór, po przece-dzeniu, zagęszczono pod próżnią (w 45°), poczem usunięto z niego nadmiar brucyny przez wytrząsanie z chloroformem, zagęszczono dalej (w 40°), zadano 70 cm.³ wrzącego absolutnego alkoholu, odcedzono od strąconych kłaczków, i przesącz alkoholowy umieszczono w eksykatorze do krystalizacji. Po parotygodniowej krystalizacji otrzymano ok. 5 gr. surowej soli brucynowej. Sól ta dawała silną reakcję na kw. glukuronowy, płynu Fehlinga nie redukowała.

Przyczyny, wywołane okolicznościami wojny, nie pozwoliły nam zająć się oczyszczeniem surowej soli i poddaniem jej analizie. Nie mamy zresztą żadnej wątpliwości, że była to ta sama sól brucynowa metyloglukuronidu, którą uprzednio otrzymaliśmy inną drogą z p. Lifszycówną i która była przez nas dokładnie zanalizowana.

W programie dalszych badań nad glukuronidami leżało zastosowanie metod, opracowanych do utleniania alkiloglukozydów na alkiloglukuronidy, do utleniania glukozydów wogóle, a w tej liczbie do utleniania wielocukrowców (węglowodanów złożonych); miano na względzie przede wszystkim utlenianie (w środowisku alkalicznem lub obojętnem, dla uniknięcia hydrolizy) prostszych wielocukrowców, nieredukujących płynu

Fehlinga, a więc sacharozy i rafinozy, które przez utlenianie i następną hydrolizę daćby powinny: pierwsza — kwasy glukuronowy i frukturonowy ⁶⁾, druga — kwasy galakturonowy i frukturonowy ⁶⁾ oraz d-glukozę.

Zamierzenia te pozostały w sferze projektów.

Z wielkiem zaciekawieniem przeczytaliśmy w ostatnim zeszycie Roczników Chemji ⁷⁾ pracę prof. Syniewskiego „O utlenianiu amylodekstryny”. Przez utlenianie bromem w obecności węglanu baru udało się otrzymać, bez rozerwania (hydrolizy) cząsteczki amylodekstryny, pochodne od niej kwasy, które zawierają grupy glukuronidowe. W pracy tej znajdujemy potwierdzenie naszych przypuszczeń o tworzeniu się glukuronidów przez utlenianie glukozydów lub wielocukrowców.

Warszawa, Politechnika, w grudniu 1922 r.

Streszczenie.

Bezpośrednie utlenianie d-glukozy prowadzi do kwasów d-glukonowego i d-cukrowego; kwas d-glukuronowy tą drogą otrzymany być nie może. Otrzymywano go dotychczas według E. Fischer'a przez odtlenianie kwasu d-cukrowego. Autor otrzymał dawniej metyloglukuronid przez rozczepianie glukuronidu kwasu żywcowego kwasem mineralnym w roztworze alkoholu metylowego; otrzymano metyloglukuronid w postaci soli brucynowej. W niniejszej pracy wykonano próby utleniania metyloglukozydu na metyloglukuronid. Przy utlenianiu tem aldehydowa grupa d-glukozy broniona jest przez związaną z nią resztkę alkoholu metylowego i utlenianiu ulegać nie powinna.

Rzeczywiście próby utleniania, początkowo za pomocą bromu, a później nadtlenu wodoru wobec $Fe(OH)_3$, jako ka-

⁶⁾ Ewentualnie dwuzasadowy kekonokwas: $COOH.CO.[CHOH]_3COOH$.

⁷⁾ W. Syniewski, Roczniki Chemji, 2, 83 (1922).

talizatora, pozwoliły otrzymać metyloglukuronid w ilości do 25—30% od glukozydu. Wyodrębniono go w postaci soli brucynowej. Rezultaty prób dają nową metodę otrzymywania kwasu glukuronowego.

Wyrażone przez E. Fischer'a przypuszczenie co do powstawania kwasu glukuronowego w organizmach zwierzęcych znajduje w próbach autora potwierdzenie chemiczne. Według autora w podobny sposób, t. j. przez utlenianie (enzymatyczne) glukozydów lub cukrów złożonych, powstają glukuronidy w organizmach roślinnych, w których przez autora po raz pierwszy zostały wykryte (glukuronid kwasu żywicznego w buraku cukrowym; związki pektynowe, jako galakturonidy), z glukuronidów zaś przez oderwanie CO_2 powstają pentozydy. Zamierzone są próby utleniania (w środowisku alkalicznem lub obojętnem) sacharozy i rafinozy na odpowiednie glukuronidy.

