

Die Endprodukte der Selbstverdauung tierischer Organe.

(Erste Mitteilung).

Von

P. A. Levene.

(Aus der physiologisch-chemischen Abtheilung des pathologischen Instituts
der New-Yorker Staatskrankenhäuser.)

(Der Redaktion zugegangen am 21. März 1904.)

Durch die Arbeiten von Salkowski, Hedin, Rowland, Jacobi und andern ist es erwiesen worden, daß den meisten tierischen Organen und Geweben eine eiweißspaltende Eigenschaft zukommt. Die Methoden von Kossel und Fischer haben es ermöglicht, die Spaltungsprodukte der Eiweißkörper zu trennen und zu identifizieren. Damit ist das Studium der chemischen Vorgänge bei der Autolyse überlebender Organe erleichtert worden. Nun scheint man berechtigt, anzunehmen, daß der Chemismus des Stoffwechsels im Leben jenem bei der Autolyse ähnlich ist. Eine vergleichende Untersuchung der Endprodukte der Selbstverdauung verschiedener Organe konnte deswegen dazu dienen, um die Abhängigkeit der Funktion vom Stoffwechsel zu erklären. Die vorliegende Arbeit ist mit dieser Absicht unternommen worden. Zwar sind in den letzten Jahren mehrere Untersuchungen in dieser Richtung erschienen, doch sind nicht alle Organe untersucht, und nicht in allen Fällen sind die genauen Methoden von Fischer angewandt worden.

A. Pankreasautolyse.

Die Produkte der Pankreasautolyse sind sehr eingehend, hauptsächlich von Kutscher, untersucht worden. Die folgenden Substanzen sind von diesem Forscher identifiziert worden: Guanin, Adenin, Xanthin, Hypoxanthin, Histidin, Arginin, Lysin, Leucin, Tyrosin, Asparaginsäure, Glutaminsäure, Ammoniak. Außerdem ist von mir das Vorkommen von Uracil erwiesen worden. In dieser Übersicht bemerkt man das Fehlen der

niederen Aminosäuren. Nun aber unterscheiden sich die meisten Eiweißkörper von einander gerade in ihrem Gehalt an Glykokoll, Alanin und Aminovaleriansäure. Es wurde deswegen bei der Untersuchung der Pankreassautodigestion die Hauptaufmerksamkeit diesen Substanzen gewidmet.

Die Drüsen wurden sorgfältig von fremden Gewebsteilen befreit, gehackt, mit einer 0,5%igen Lösung von Natriumkarbonat aufgenommen und nach Zusatz von Toluol und Chloroform 24 Stunden stehen gelassen. Die Flüssigkeit wurde dann koliert und nach weiterem Zusatz von Toluol und Chloroform 10 Monate der Selbstverdauung überlassen. Das Verdauungsprodukt reagierte dann schwach sauer auf Lackmus, es wurde dann genau neutralisiert und auf dem Wasserbade eingeeengt. Es schied sich dabei ein Koagulum ab. Das Filtrat von diesem wurde zur Trockne eingedampft und diese Operation nach Zugabe von Alkohol mehrere Male wiederholt, um die Reste des Wassers möglichst zu verjagen.

Beim Erkalten erstarrte der Rückstand zu einer ganz harten Masse. Diese behandelte man mit absolutem Alkohol und trockner Salzsäure nach dem Verfahren von E. Fischer, um die Ester der Aminosäuren zu erhalten. Die Darstellung der freien Ester wurde auch nach Fischers Methode ausgeführt. Die Ester wurden in einem Versuche bei 8 mm Druck fraktioniert, im anderen bei 10 mm. Die Destillation begann bei etwa 55° C. und ergab die folgenden Fraktionen.

I. Fraktion	unter 65° C. =	5 g
II. »	65° bis 80° » =	16 »
III. »	80° » 90° » =	16,5 »
IV. »	90° » 100° » =	8 »
V. »	100° » 130° » =	11,5 »
VI. »	130° » 160° » =	6 »

Die Fraktionen unter 100° C. wurden alle in gleicher Weise behandelt, nämlich mit siedendem Wasser verseift und zur Trockne eingedampft. Der Rückstand wurde mit der zur Lösung eben ausreichenden Menge siedenden Wassers aufgenommen. Beim Erkalten schied sich ein Niederschlag aus, das Filtrat gab nach Zusatz von Alkohol einen zweiten Niederschlag und das Filtrat vom alkoholischen Niederschlag bildete

wieder eine Ausfällung nach Zusatz von Äther. Jeder der Niederschläge wurde wiederholt in derselben Weise behandelt, bis eine Trennung der Säuren erreicht war.

Fraktion unter 65—80°

bestand hauptsächlich aus Alanin und Aminovaleriansäure. Beim Trennen des Alanins von der Aminovaleriansäure kann man sich bis zu einem gewissen Grade des Geschmacks der zwei Substanzen bedienen. Die eine nämlich schmeckt süß, die andere bitter. Nun soll aber nach Fischer auch die α -Aminovaleriansäure einen süßen Geschmack besitzen, und es wird darum eine genauere Untersuchung erforderlich werden, um zu entscheiden, ob die Aminovaleriansäure, die bei der Selbstverdauung von tierischen Geweben entsteht, auch zu der α -Reihe gehört.

Das aus dieser Fraktion erhaltene Alanin hatte den Schmelzpunkt 293° C. (unkorr.) und gab bei der Analyse die folgenden Zahlen:

0,1072 g der Substanz gaben 0,1578 g CO₂ und 0,0781 g H₂O.

Für C ₃ H ₇ O ₂ N berechnet	Gefunden
C = 40,45 %	40,28 %
H = 7,87 %	8,09 %

Fraktion 80—90° C.

bestand aus Leucin, Aminovaleriansäure und Alanin. Die Aminovaleriansäure wurde aus dem alkoholischen Niederschlage dargestellt. Sie gab bei der Analyse die folgenden Zahlen:

0,1400 g der Substanz gaben 0,2621 g CO₂ und 0,1225 g H₂O.

Für C ₅ H ₁₁ O ₂ N berechnet	Gefunden
C = 51,28 %	51,06 %
H = 9,40 %	9,65 %

Fraktion 90—100° C.

Aus dieser Fraktion wurde das Leucin erhalten. Es kristallisierte aus Wasser in perlmutterglänzenden Schuppen und hatte den Schmelzpunkt: 295° C.

0,1814 g der Substanz gaben bei Verbrennung 0,3640 g CO₂ und 0,1690 g H₂O.

Für C ₆ H ₁₃ O ₂ N berechnet	Gefunden
C = 54,96 %	54,72 %
H = 9,92 %	10,35 %

Die α -Pyrrolidinkarbonsäure konnte nicht mit Sicherheit aufgefunden werden. Zu ihrer Darstellung wurden alle Fraktionen

unter 100°C . nach dem Verseifen und Eindampfen zur Trockne mit absolutem Alkohol extrahiert. Die alkoholischen Auszüge wurden unter vermindertem Druck zur Trockne eingedampft und wieder mit siedendem absoluten Alkohol extrahiert; die alkoholische Lösung wieder bei vermindertem Druck zur Trockne eingedampft. Der Rückstand diente zur Darstellung der Kupfersalze. Das alkoholunlösliche Salz, aus Wasser umkristallisiert, besaß nicht die Eigenschaften der inaktiven Pyrrolidinkarbonsäure. Der alkohollösliche Teil wurde in Wasser gelöst, vom Kupfer durch Schwefelwasserstoff befreit und eingedampft. Der Rückstand wurde mit kleinen Portionen siedenden Alkohols wiederholt extrahiert. Die Auszüge wurden dann vereinigt und über Schwefelsäure bei vermindertem Druck stehen gelassen. Es schied sich ein Niederschlag aus. Mit Alkohol gewaschen, in Vacuo über Schwefelsäure und endlich im Toluolbad getrocknet, zeigte die Substanz den Schmelzpunkt 285°C ., demgemäß also war sie nicht die aktive Pyrrolidinkarbonsäure. Die Analyse ergab die folgenden Zahlen:

0,0568 g der Substanz gaben	0,1153 g CO_2	und	0,0498 g H_2O
Berechnet für $\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}_2$	für $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2$		Gefunden
C = 52,18 %	54,96 %		55,25 %
H = 7,83 %	9,95 %		9,74 %

Fraktionen $100\text{—}130^{\circ}$ und $130\text{—}150^{\circ}\text{C}$.

Diese Fraktionen wurden in Äther gelöst und mit Wasser wiederholt im Scheidetrichter ausgeschüttelt. Die ätherischen Lösungen wurden mit konzentrierter Salzsäure bei Zimmertemperatur stehen gelassen, bis der Äther verdunstet war, dann auf dem Wasserbade eingedampft. Beim Erkalten schied sich eine kristallinische Masse aus, die vom anhaftenden Öl abfiltriert und mit überschüssigem Ammoniak auf dem Wasserbade eingedampft wurde. Der Rückstand konnte leicht aus Wasser umkristallisiert werden. Das Präparat war nach zweimaligem Umkristallisieren aus Wasser analysenrein.

0,1374 g der Substanz gaben	0,3313 g CO_2	und	0,0855 g H_2O
Für $\text{C}_9\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$ berechnet			Gefunden
C = 65,45 %			65,73 %
H = 6,66 %			6,91 %

Die wasserlöslichen Teile wurden mit Barythydrat verseift und abkühlen gelassen. Dabei schied sich das Baryumsalz der Asparaginsäure aus, dieses wurde abfiltriert, das Filtrat vom Baryum durch Schwefelsäure befreit, bei vermindertem Druck stark eingeeengt und in der Kälte mit trockener Salzsäure gesättigt. Es schied sich dabei die salzsaure Glutaminsäure aus. Diese zwei Säuren wurden nicht weiter untersucht, da ihr Vorkommen bei der Pankreasautolyse schon von Kutscher festgestellt war.

Es ist also erwiesen, daß bei der Selbstverdauung der Pankreasdrüse außer den schon bekannten Aminosäuren auch Alanin, Aminovaleriansäure und Phenylalanin vorkommen.

Pyrimidinbasen.

Es ist von mir schon früher angegeben worden, daß bei der Pankreasautolyse Uracil vorkommt. Zur Zeit jener Beobachtung war es unbekannt, daß man bei der Hydrolyse der Pankreasnucleinsäure durch Mineralsäuren auch Uracil gewinnen kann. Ich habe dann die Vermutung ausgesprochen, daß das Uracil aus Thymin durch Enzymwirkung gebildet werde. Diese Hypothese bedurfte weiterer Untersuchung. Zu dem Zweck wurden weitere Versuche gemacht, die Pyrimidinbasen zu isolieren. Sie wurden nach der Methode von Kossel-Jones mit Silber und Baryt niedergeschlagen und in üblicher Weise behandelt. Es kristallisierte aus verdünnter Schwefelsäure eine Substanz von dem Aussehen des Uracils, doch konnte man mikroskopisch auch Kristalle von schwefelsaurem Cytosin erkennen. Aus der wässrigen Lösung der Substanz bildete sich durch Pikrinsäure ein Niederschlag; dieser hatte aber nicht die Zusammensetzung des Cytosins. Aus dem Filtrate vom pikrinsauren Niederschlag konnte wieder nur Uracil dargestellt werden. Um zu entscheiden, ob die Pankreasenzyme das Thymin in Uracil umwandeln können, wurden 4 g Thymin in 400 ccm einer 0,5%igen Natronkarbonatlösung aufgenommen, mit 300 ccm eines wirksamen Pankreasextraktes vereinigt und nach Zusatz von Toluol und Chloroform 11 Monate der Verdauung überlassen. Nach dieser Zeit wurden die Pyrimidinbasen in üblicher Weise niedergeschlagen. Nur Thymin konnte nachgewiesen werden und zwar

wurden 2,5 g wiederaufgefunden. Als Kontrolle diente eine Mischung von 300 ccm von demselben Pankreasextrakt und 400 ccm einer 0,5%igen Natriumkarbonatlösung. Aus dieser Mischung konnten keine Pyrimidinbasen isoliert werden.

Man kann also gegenwärtig keine befriedigende Aufklärung darüber geben, weshalb bei der Hydrolyse der Pankreasnucleinsäure durch Schwefelsäure hauptsächlich Thymin, bei der Selbstverdauung der Drüse hingegen Uracil in überwiegender Quantität gebildet wird.

B. Leberautolyse.

Eine von den wichtigen Funktionen der Leber ist die synthetische Bindung des Glykokolls an die Gallensäuren. Es schien nun von Interesse, den Ursprung des Glykokolls aufzuklären. A priori konnte man seine Bildung aus der Körpersubstanz der Drüse annehmen, es ist aber auch möglich, daß das Material dazu vom Blute zugeführt wird. Jacobi glaubte den Beweis, daß die Substanz bei der Leberautolyse vorkommt, erbracht zu haben. Doch bedarf diese Behauptung noch weiterer Bestätigung. Es wurde deshalb in dieser Arbeit besondere Aufmerksamkeit auf die Aufsuchung dieser Säure verwandt.

Die zerhackten Drüsen wurden mit 0,2%iger Essigsäure aufgenommen und nach Zusatz von Toluol und Chloroform über Nacht stehen gelassen. Die Flüssigkeit wurde dann koliert und nach weiterem Zusatz von Toluol 7 Monate der Autodigestion überlassen. Nach dem Verlaufe dieser Zeit wurde die Lösung filtriert, mit Natronkarbonat genau neutralisiert und eingedampft. Es schied sich beim Erhitzen ein Niederschlag aus. Dieser wurde abfiltriert und das Filtrat auf dem Wasserbade schließlich bis zur Trockne gebracht. Dieser Rückstand wurde nach Fischers Verfahren mit absolutem Alkohol und trockner Salzsäure verestert. Die freien Ester wurden bei 10 mm fraktioniert und die folgenden Fraktionen erhalten:

	bis	65° C.	=	18,0 g
65°	»	80°	»	= 16,5 »
80°	»	90°	»	= 24,0 »
90°	»	100°	»	= 16,0 »
100°	»	130°	»	= 18,0 »
130°	»	150°	»	= 20,0 »

Fraktion 65° C.

Zum Nachweis des Glykokolls wurde diese Fraktion mit absolutem Alkohol aufgenommen und mit trockner Salzsäure behandelt. Der Überschuß des Alkohols wurde bei vermindertem Druck verjagt, die ziemlich dicke Lösung stark abgekühlt und einige Tage stehen gelassen. Es bildete sich dabei keine Ausscheidung des Hydrochlorats des Glykokollesters. Wie bei der Pankreasdrüse bestand diese Fraktion hauptsächlich aus Alanin und Aminovaleriansäure, und die Trennung der beiden wurde in derselben Weise ausgeführt.

Das Alanin hat den Schmelzpunkt 293° C. und gab bei der Analyse die folgenden Zahlen:

0,1133 g der Substanz gaben 0,1690 g CO ₂ und 0,843 g H ₂ O.	
Für C ₃ H ₇ NO ₂ berechnet	Gefunden
C = 40,45%	40,67%
H = 7,87%	8,28%

Fraktionen 65—80° und 80—90° C.

bestanden hauptsächlich aus Leucin, Aminovaleriansäure und Alanin.

Die Aminovaleriansäure gab bei der Analyse die folgenden Zahlen:

0,1658 g der Substanz gaben 0,3084 g CO ₂ und 0,1450 g H ₂ O.	
Für C ₅ H ₁₁ NO ₂ berechnet	Gefunden
C = 51,28%	50,94%
H = 9,40%	9,74%

Das Kupfersalz gab bei der Analyse die folgenden Zahlen:

0,1425 g der Substanz gaben 0,2131 g CO ₂ , 0,0913 g H ₂ O und 0,0380 g CuO.	
Für (C ₁₀ H ₂₀ N ₂ O ₄)Cu berechnet	Gefunden
C = 40,68%	40,78%
H = 6,78%	7,11%
Cu = 21,35%	21,29%

Fraktion 90—100° C.

Diese Fraktion bestand hauptsächlich aus Leucin. Beim Umkristallisieren schied sich die Substanz in glänzenden Schuppen vom Schmelzpunkt: 290—293° C. (unkorr.).

Die Substanz gab bei der Analyse die folgenden Zahlen:

Für C ₆ H ₁₃ NO ₂ berechnet	Gefunden
C = 54,96%	54,54%
H = 9,92%	9,71%

Das Kupfersalz gab die folgenden Zahlen:

0,1216 g der Substanz gaben 0,1974 g CO₂, 0,0836 g H₂O und 0,0295 g CuO.

Für (C ₁₂ H ₂₄ N ₂ O ₄)Cu berechnet	Gefunden
C = 44,58%	44,12%
H = 7,43%	7,55%
Cu = 19,50%	19,42%

Für die Darstellung der α -Pyrrolidinkarbonsäure wurde jede unter 100° C. siedende Fraktion nach dem Verestern bis zur Trockne eingedampft und mit absolutem Alkohol extrahiert. Die Extrakte wurden vereinigt, bei vermindertem Druck bis zur Trockne eingedampft und der Rückstand wieder mit absolutem Alkohol ausgezogen. Der zweite Auszug von Alkohol befreit, in Wasser gelöst und mit Kupferoxyd gekocht. Das Filtrat vom überschüssigen Kupferoxyd wurde bis zur Trockne eingedampft und mit heißem absoluten Alkohol extrahiert. Der Rückstand, aus Wasser umkristallisiert, besaß nicht die Eigenschaften der inaktiven α -Pyrrolidinkarbonsäure. Das alkohollösliche Kupfersalz wurde von Kupfer befreit, eingedampft und in absolutem Alkohol gelöst. Beim längeren Stehen bildete sich eine kleine Ausscheidung, die man jedoch nicht analysenrein gewinnen konnte. Es gelang also nicht, die Bildung von α -Pyrrolidinkarbonsäure bei der Leberautolyse zu beweisen.

Fraktionen 100—130° und 130—160° C.

Sie wurden in ähnlicher Weise wie bei der Pankreasdrüse behandelt. Das Phenylalanin gab bei der Analyse die folgenden Zahlen:

0,1493 g der Substanz gaben 0,3550 g CO₂ und 0,0920 g H₂O

Für C ₉ H ₁₁ O ₂ N berechnet	Gefunden
C = 65,45%	64,96%
H = 6,66%	6,81%

Der wasserlösliche Teil des Ätherextrakts dieser Fraktionen wurde durch Erhitzen mit Barythydrat verseift. Beim Erkalten schied sich das Baryumsalz der Asparaginsäure aus. Die Säure wurde von Baryt durch Schwefelsäure befreit, bei vermindertem Druck zur Trockne eingedampft und einmal aus Wasser umkristallisiert. Im Xylolbad getrocknet, gab die Substanz bei der Analyse die folgenden Zahlen:

0,1160 g Substanz gaben 0,1530 g CO₂ und 0,0598 g H₂O.

Für C ₄ H ₇ NO ₄ berechnet	Gefunden
C = 36,09%	35,95%
H = 5,26%	5,72%

Das Filtrat vom Baryumsalze der Asparaginsäure enthielt die Glutaminsäure. Die Lösung wurde von Baryt quantitativ befreit, bei vermindertem Druck bis zur Trockne eingedampft und der Rückstand in Salzsäure gelöst. Durch diese Lösung leitete man trockne Salzsäure und ließ sie unter starker Abkühlung einige Tage stehen. Es bildete sich ein Niederschlag von salzsaurer Glutaminsäure. Die freie Säure wurde dargestellt, indem man den Niederschlag in einer berechneten Menge von Normalnatronlauge löste. Beim Eindampfen schied sich die freie Säure aus. Zweimal umkristallisiert, und im Xylolbad getrocknet, ergab die Substanz bei der Analyse die folgenden Zahlen:

0,1189 g Substanz gaben 0,1764 g CO₂ und 0,0704 g H₂O.

Für C ₅ H ₉ NO ₄ berechnet	Gefunden
C = 40,81%	40,45%
H = 6,12%	6,20%

Tyrosin.

Ein Teil des Niederschlages, welcher beim Eindampfen des Verdauungsproduktes entstand, wurde mit ammoniakalischem Wasser extrahiert, der Auszug eingedampft, mit Essigsäure versetzt und der Kristallisation überlassen. Nach zweimaligem Umkristallisieren bildete sich ein schneeweißer, aus feinen Nadeln bestehender Niederschlag. Im Xylolbad getrocknet, ergab die Substanz die folgenden Zahlen:

Für Tyrosin berechnet	Gefunden
C = 59,66%	60,01%
H = 6,07%	6,35%

Pyrimidinbasen.

Zur Darstellung der Pyrimidinbasen wurde ein Teil des Verdauungsproduktes nach genauer Neutralisation eingedampft, von Phosphorsäure durch Barytlösung befreit und dann nach dem Verfahren von Kossel-Jones behandelt. Der silberhaltige Niederschlag wurde in 2%iger Schwefelsäure aufgenommen,

mit Schwefelwasserstoff behandelt und die auf diese Weise entstandene Lösung der Basen von Schwefelsäure durch Barytwasser befreit und bei vermindertem Druck eingedampft. Es hinterblieb dabei eine sirupartige Masse, welche keine Neigung zur Kristallisation zeigte. Die Masse wurde dann in verdünnter Schwefelsäure gelöst und mit einem großen Überschuß von absolutem Alkohol behandelt. Es bildete sich beim Stehen ein brauner schmieriger Niederschlag. Der alkoholische Auszug wurde bei stark vermindertem Druck und niedriger Temperatur eingedampft und der Rückstand in wenig 1 %iger Schwefelsäure gelöst der Kristallisation überlassen. Es bildete sich ein Niederschlag, der mikroskopisch das Aussehen des unreinen Leucins besaß, erst nach mehrmaligem Umkristallisieren aus 1 %iger Schwefelsäure und Entfärben durch Tierkohle nahm der Niederschlag das Aussehen des Uracils an. Mit Alkohol und Äther gewaschen und im Toluolbad getrocknet, ergab die Substanz die folgenden Zahlen:

0,1268 g der Substanz gaben 27,5 ccm Stickstoff (über 50 % Kalilauge) bei 19,5° C. T. und 767 mm Bar.

Für $C_4H_4N_2O_2$ berechnet	Gefunden
N = 25,05 %	25,59 %

Also auch hier konnte ebenso wie bei der Pankreasautolyse nur das Uracil nachgewiesen werden, obwohl bei der hydrolytischen Spaltung der Lebernucleinsäure durch Schwefelsäure die drei bekannten Pyrimidinbasen entstehen. Nun schien es möglich, daß bei der Selbstverdauung in 0,2 %iger Essigsäure hauptsächlich die Eiweißstoffe einer tiefgreifenden Spaltung anheimfallen und daß diese Bedingungen für die Nucleinspaltung nicht günstig sind. Ich versuchte deswegen, die Drüse der Autolyse in 0,5 %iger Natronkarbonatlösung zu überlassen. Die übrigen Bedingungen waren denen des vorhergehenden Versuchs ähnlich, auch die Dauer der Verdauung war dieselbe. Wie zu erwarten war, erwies sich jetzt die Spaltung der Eiweißkörper nicht so weit vorgeschritten wie bei saurer Reaktion. Die Pyrimidinbasen wurden ebenso wie bei dem ersten Experimente dargestellt und mehrmals aus 1 %iger Schwefelsäure umkristallisiert. Die Kristalle, die sich im Anfange ausschieden, hatten

mikroskopisch das Aussehen des Thymins. Beim längeren Stehen schieden sich aber hauptsächlich Kristalle vom Aussehen des Uracils aus. Eine wässrige Lösung der Substanz gab mit Baryumchlorid und mit Pikrinsäure eine kaum merkbare Trübung. Mit Alkohol und Äther gewaschen und im Toluolbade getrocknet, ergab die Substanz die folgenden Zahlen:

0,1104 g der Substanz ergaben 0,1645 g CO₂ und 0,0390 g H₂O;
 0,1235 » » » » 27,0 ccm Stickstoff (über 50% KOH) bei
 23,5° C. T. und 764 mm Bar.

Berechnet für C ₄ H ₄ N ₂ O ₂	für C ₅ H ₆ N ₂ O ₂	Gefunden
C = 42,82%	47,61%	40,63%
H = 3,59%	4,76%	3,93%
N = 25,05%	22,22%	25,36%

Die Substanz bestand also hauptsächlich aus Uracil. Zur Trennung der Basen reichte die Menge nicht aus.

Hexonbasen.

Die Pyrimidinbasen enthaltende Silberfällung sollte auch Histidin und Arginin enthalten. Die Bemühung, diese Basen nach dem Verfahren von Kossel darzustellen, waren erfolglos. Dagegen gelang es, aus dem Silberfiltrate nach der Methode von Kossel 15 g Lysinpicrat zu gewinnen. Einmal aus Wasser umkristallisiert und im Toluolbad getrocknet, ergab die Substanz die folgenden Zahlen:

0,2840 g der Substanz gaben 0,2840 g CO ₂ und 0,0810 g H ₂ O	
Für C ₁₂ H ₁₇ N ₅ O ₉ berechnet	Gefunden
C = 38,40%	38,78%
H = 4,53%	4,55%

Also von den Hexonbasen konnte nur das Lysin mit Sicherheit nachgewiesen werden.

Literatur:

- Hedin und Rowland, Diese Zeitschrift, Bd. XXXII.
 Jacoby, Diese Zeitschrift, Bd. XXX.
 Kutscher, Diese Zeitschrift, Bd. XXXII und XXXIV.
 Levene, Diese Zeitschrift, Bd. XXXVII.
 Salkowski, Zeitschr. f. klin. Med., Suppl. 1890.
 Spiro, Diese Zeitschrift, Bd. XXVIII.
-