

E 16/3

*Hedberg's Redves Kollektionen
Sjunde Araki yestetel*

Biochemische Zeitschrift

Unter Mitwirkung von

M. Ascoli-Catania, L. Asher-Bern, A. Bach-Moskau, M. Bergmann-Dresden, G. Bertrand-Paris, A. Bickel-Berlin, F. Blumenthal-Berlin, Fr. Boas-Weihenstephan, A. Bonanni-Rom, F. Bottazzi-Neapel, G. Bredig-Karlsruhe i. B., Wl. Butkewitsch-Moskau, M. Cremer-Berlin, R. Doerr-Basel, A. Durig-Wien, F. Ehrlich-Breslau, H. v. Euler-Stockholm, S. Flexner-New York, J. Forssman-Lund, S. Fränkel-Wien, E. Freund-Wien, H. Freundlich-Berlin, E. Friedberger-Greifswald, E. Friedmann-Berlin, E. Fromm-Wien, O. Fürth-Wien, F. Haber-Berlin, M. Hahn-Berlin, P. Hári-Budapest, F. Hayduck-Berlin, E. Hägglund-Abo, V. Henri-Paris, V. Henriques-Kopenhagen, R. O. Herzog-Berlin, K. Hess-Berlin, W. Heubner-Göttingen, R. Höber-Kiel, M. Jacoby-Berlin, P. Karrer-Zürich, M. Kochmann-Halle a. S., R. Krimberg-Riga, F. Landolf-Buenos Aires, L. Langstein-Berlin, E. Laqueur-Amsterdam, O. Lemmermann-Berlin, E. J. Lässer-Mannheim, P. A. Levene-New York, L. v. Liebermann-Budapest, S. Loewe-Dorpat, A. Loewy-Davos, H. Lüers-München, Th. Madsen-Kopenhagen, A. Magnus-Levy-Berlin, J. A. Mandel-New York, E. Mangold-Berlin, L. Marchlewski-Krakau, P. Mayer-Karlsbad, J. Nelsenheimer-Tübingen, O. Meyerhof-Berlin, L. Michaelis-Nagoya, H. Mollisch-Wien, H. Murschhauser-Düsseldorf, W. Nernst-Berlin, C. v. Noorden-Frankfurt a. M., W. Omellanski-Leningrad, W. Ostwald-Leipzig, A. Palladin-Charkow, J. K. Parnas-Lemberg, Th. Paul-München, W. Pauli-Wien, R. Pfeiffer-Breslau, E. P. Pick-Wien, L. Pincussen-Berlin, J. Pohl-Breslau, Ch. Porcher-Lyon, D. N. Prianischnikow-Moskau, H. Pringsheim-Berlin, P. Rona-Berlin, H. Sachs-Heidelberg, S. Salaskin-Leningrad, T. Sasaki-Tokio, B. Sbarsky-Moskau, A. Scheunert-Leipzig, A. Schlossmann-Düsseldorf, E. Schmitz-Breslau, S. P. L. Sörensen-Kopenhagen, K. Spiro-Basel, E. H. Starling-London, J. Stoklasa-Prag, W. Straub-München, K. Suto-Kanazawa, U. Suzuki-Tokio, H. v. Tappeiner-München, K. Thomas-Leipzig, H. Thoms-Berlin, C. Tigerstedt-Helsingfors, P. Trendelenburg-Freiburg i. Br., O. Warburg-Berlin, G. v. Wendt-Helsingfors, E. Widmark-Lund, W. Wichowski-Prag, A. Wohl-Danzig, J. Wohlgemuth-Berlin, N. Zelinsky-Moskau.

herausgegeben von

C. Neuberg-Berlin

Sonderabdruck aus 165. Band, Heft 1/3

J. Bodnár und Piroška Hoffner:

Beiträge zur biochemischen Kenntnis der postmortalen
Pflanzenatmung



Berlin

Verlag von Julius Springer

1925

Die

Biochemische Zeitschrift

erscheint in zwanglosen Heften, die in kurzer Folge zur Ausgabe gelangen; je sechs Hefte bilden einen Band. Der Preis des Bandes beträgt *M* 28,—.

In der Regel können Originalarbeiten nur Aufnahme finden, wenn sie nicht mehr als 1½ Druckbogen umfassen. Sie werden mit dem Datum des Eingangs versehen und der Reihe nach veröffentlicht, sofern die Verfasser die Korrekturen rechtzeitig erledigen. — Mitteilungen polemischen Inhalts werden nur dann zugelassen, wenn sie eine tatsächliche Richtigstellung enthalten und höchstens zwei Druckseiten einnehmen.

Manuskriptsendungen sind an den Herausgeber, Herrn Prof. Dr. C. Neuberg, Berlin-Dahlem, Hittorfstr. 18, zu richten.

Das Honorar beträgt M 40,— für den 16 seitigen Druckbogen.

Die Verfasser erhalten bis 100 Sonderabdrucke ihrer Abhandlungen kostenfrei bis zu einem Umfang von 1½ Druckbogen, von größeren Arbeiten nur bis 75. Doch bittet der Verlag, nur die zur tatsächlichen Verwendung benötigten Exemplare zu bestellen. Über die Freiemplare hinaus bestellte Sonderdrucke werden berechnet. Die Herren Mitarbeiter werden jedoch in ihrem eigenen Interesse dringend gebeten, sich, wenn irgend möglich, mit der kostenfrei zur Verfügung gestellten Anzahl zu begnügen, und falls mehr Exemplare unbedingt erforderlich sind, deren Kosten vorher vom Verlage zu erfragen, um unliebsame Überraschungen zu vermeiden.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer

Berlin W 9, Linkstraße 23/24.

165. Band.

Inhaltsverzeichnis.

Heft 1/3.

	Seite
Bodnár, J. Biochemie des Phosphorsäurestoffwechsels der höheren Pflanzen. I. Mitteilung: Über die enzymatische Überführung der anorganischen Phosphorsäure in organische Form	1
Bodnár, J., Charlotte Szepessy und Johann Ferenczy. Die Anwendung der Neubergschen Acetaldehyd-Abfangmethode bei der alkoholischen Gärung höherer Pflanzen	16
Euler, H. v. Über das Wachstum von Mikroorganismen auf bestrahlten lipoidhaltigen Nährböden. I.	23
Hafner, E. A. Zur Nomenklatur der Serumeiweißkörper und der verschiedenen Serumviskositäten	29

Fortsetzung des Inhaltsverzeichnisses siehe 3. Umschlagseite

E 16/3

Beiträge zur biochemischen Kenntnis der postmortalen Pflanzenatmung¹⁾.

Von

J. Bodnár und Piroska Hoffner.

(Aus dem kgl. ungarischen pflanzenbiochemischen Institut Budapest, aus dem medizinisch-chemischen Institut der Universität Debrecen und aus dem chemischen Institut der Universität Szeged.)

(Eingegangen am 2. September 1925.)

Seit der Entdeckung der Enzyme ist das Hauptbestreben der biochemischen Forschungen, die in dem lebenden Organismus sich abspielenden Dissimilationsvorgänge auf die Wirkung der Enzyme zurückzuführen, und auf Grund dieses können wir die meisten Dissimilationslebensvorgänge als solche chemische Prozesse betrachten, welche sich durch die Wirkung der Enzyme — unabhängig von den Lebenserscheinungen — abspielen.

Aus den grundlegenden Untersuchungen *Palladins* und seiner Schule ist bekannt, daß das auf gewisse äußere Einflüsse hin eintretende Absterben der pflanzlichen Zellen das Aufhören des wichtigsten Dissimilationsprozesses, der Atmung, nicht nach sich zieht; den Tod der Zellen überleben die *Atmungsenzyme*, und durch deren Tätigkeit vollzieht sich die Pflanzenatmung als eine — in ihren Details sehr komplizierte — enzymatische Reaktion.

Für das Studium der pflanzlichen Atmung als eines enzymatischen Prozesses bzw. der postmortalen Atmung empfiehlt *Palladin*²⁾ das Erfrierenlassen der pflanzlichen Objekte (Samen, Blätter) im ganzen als ein Verfahren, wodurch die Zellen zu töten sind, ohne daß die Atmungsenzyme vernichtet werden.

In der Enzymologie ist eine oft angewendete Methode das Austrocknen der auf ihre Enzyme zu untersuchenden lebenden Objekte, und man prüft auf Anwesenheit der Enzyme das durch Zerstörung der Zellenstruktur

¹⁾ Die in dieser Mitteilung publizierten Untersuchungen wurden noch in den Jahren 1922/23 durchgeführt.

²⁾ *W. Palladin*, Ber. d. deutsch. bot. Ges. **23**, 240, 1905; Zeitschr. f. physiol. Chem. **47**, 407, 1906.



gewonnene Organpulver, Samenmehl usw. In allererster Reihe sind die Samen solche Objekte, welche unter gewissen Bedingungen auch im pulverisierten Zustande stark atmen, und es bilden einige Samenpulver oder Samenmehle als an Atmungsenzymen reiche Objekte ein ausgezeichnetes Untersuchungsmaterial zum Studium des Mechanismus der postmortalen Pflanzenatmung.

*Godlewski*¹⁾ war noch der Meinung, daß „die Zerstörung der Zellstruktur der Samen durch Zerreiben derselben eine nahezu vollständige Sistierung der Kohlensäurebildung zur Folge hatte“. *Godlewski* untersuchte die Atmung der zerstörten Erbsensamen unter Wasser, wenn wir aber die Samenpulver der Erbsen — wie *Iwanoff*²⁾ und *Zaleski*³⁾ zuerst fanden — nur mit so viel Wasser vermischen, daß sie gerade durchfeuchtet werden, d. h. breiartig sein sollen, so werden wir eine sehr starke CO₂-Ausscheidung wahrnehmen. *Zaleski* hebt hervor, daß die Samenpulver zum Studium der postmortalen Atmung geeignetere Objekte sind als die im ganzen gefrorenen Samen, denn z. B. die Wirkung der Salzlösungen auf die Atmung ist bei den intakt gefrorenen Samen, umgekehrt wie bei dem Samenpulver — infolge des langsamen Eindringens —, sehr erschwert. Daß die ausgetrockneten und pulverisierten Samen wirklich abgetötete Objekte sind, beweist jener Versuch *Zaleskis*, daß z. B. die CO₂-Ausscheidung des Erbsenpulvers auch nach Behandlung desselben mit Äther oder Aceton keine Verminderung zeigt.

Unsere Kenntnisse bezüglich des Mechanismus der Atmung der Samenpulver (Mehle) sind noch sehr lückenhaft und bieten bei weitem kein eindeutiges Bild von dem rationellen Zusammenhang der postmortalen Atmung mit der lebenden Pflanzenatmung.

Zu allererst beobachtete *Kolkwitz*⁴⁾, daß das grobe Mahlprodukt der Gerstenkörner CO₂ ausscheidet, aber seine Daten sind aus verschiedenen Gründen (lebende Zellen, Bakterien) nicht genügend verlässlich.

Die ersten ausführlichen Untersuchungen bezüglich der Atmung der verschiedenen Samenpulver hat *Iwanoff*⁵⁾ vorgenommen. Er ließ die Samenpulver, mit wenig Wasser zusammengemischt, in Form eines Breies in Gegenwart von Toluol atmen und bemerkte, daß besonders das Erbsenmehl, und zwar nur das Mehl gewisser Erbsensorten (Viktoria, Bismarck), am intensivsten atmet, und das Mehl scheidet mehr CO₂ aus als die lebenden Erbsensamen.

Zaleski und *Reinhard*⁶⁾ haben die CO₂-Ausscheidung der Erbsen-, Weizen-, Lupinen- und Maismehle untersucht und gefunden, daß das Erbsenmehl am intensivsten atmet. Sie behaupten, daß für die Atmung der Samenpulver — im allgemeinen für die postmortale Pflanzenatmung — charakteristisch ist, daß durch Abtötung der Zellen bzw. Zerstören der Zellstruktur die aerobe Atmung stark vermindert wird, die

1) *E. Godlewski* und *F. Polzeniusz*, Bull. d. l'Acad. des sciences de Cracovie, Avril 1901, S. 249.

2) *L. Iwanoff*, diese Zeitschr. **25**, 171, 1910.

3) *W. Zaleski* und *A. Reinhard*, ebendasselbst **27**, 450, 1910; **35**, 228, 1911; *W. Zaleski*, ebendasselbst **31**, 195, 1911.

4) *R. Kolkwitz*, Ber. d. deutsch. bot. Ges. **19**, 285, 1901.

5) *L. Iwanoff*, l. c.

6) *W. Zaleski* und *A. Reinhard*, diese Zeitschr. **27**, 450, 1910.

anaerobe Atmung dagegen überlebt den Tod der Zellen, und deshalb atmen die starke anaerobe CO_2 -Ausscheidung besitzenden Samen in Form von Samenpulver so intensiv. Auf Grund der Versuche von *Godlewski* und *Polzeniusz*¹⁾ sind die Erbsensamen als ein typisch anaerobes Objekt bekannt, es ist also das Erbsenmehl als ein sehr intensiv atmendes Objekt besonders dazu geeignet, an ihm den Mechanismus der postmortalen Atmung zu studieren.

Mit dem eingehenden Studium der Atmung des Erbsenmehls hat sich *Iwanoff*²⁾ befaßt, die Resultate seiner Versuche und die sich daraus ergebenden Folgerungen kann man im folgenden zusammenfassen:

1. durch Na_2HPO_4 -Lösung wird die CO_2 -Ausscheidung des Erbsenmehls stark stimuliert;

2. in dem in der Luft atmenden Erbsenmehl wird neben CO_2 auch eine bedeutende Menge Alkohol gebildet,

3. durch die das Coenzym der Zymase enthaltenden Hefanol- und Zyminextrakte wird nicht nur die CO_2 -, sondern auch die Alkoholausscheidung des Erbsenmehls stark gehoben, auf Grund dieser Erfahrungen spricht *Iwanoff* die Meinung aus, daß das Erbsenmehl ein der Zymase der Hefe sehr ähnliches Enzym in sehr aktivem Zustande enthält und die Atmung des Erbsenmehls als ein mit der alkoholischen Gärung identischer Prozeß betrachtet werden kann.

Die alkoholische Gärung des Erbsenmehls, wie aus *Iwanoffs* Versuchen hervorgeht, weicht von der von Hefanol verursachten alkoholischen Gärung insofern ab, daß in der Luft bedeutend mehr CO_2 entsteht als im Wasserstoff.

Zaleski und *Reinhard*³⁾ fanden dagegen, daß das Erbsenmehl in der Luft ebensoviel CO_2 ausscheidet wie im Wasserstoff. Nach *Iwanoffs* Ansicht stimuliert der Sauerstoff die Atmung nicht direkt, sondern indirekt, und zwar derartig, daß es aus dem im Erbsenmehl befindlichen Zymasezymogen Zymase frei macht, und infolge der Vermehrung der Zymase wird die alkoholische Gärung intensiver und im Endresultat entsteht mehr CO_2 . Zum Beweis dieser Voraussetzung soll dieser Versuch *Iwanoffs* dienen, daß von den vorher in der Luft und im Vakuum gehaltenen Erbsenmehlbreien im Vakuum die Atmung der in der Luft gehaltenen Mehlbreie intensiver ist. Wenn die Erhöhung der CO_2 -Ausscheidung auf gesteigerte Zymaseproduktion zurückzuführen ist, so muß in der Luft proportional mit der Quantität der CO_2 auch mehr Alkohol entstehen als im Wasserstoff; diesbezüglich hat aber *Iwanoff* keine Versuche ausgeführt.

Mit der stimulierenden Wirkung des Phosphats (Alkaliphosphate) auf die postmortale Pflanzenatmung beschäftigten sich mehrere Forscher, und auf Grund der Untersuchungen *Bodnárs*⁴⁾ ist es bekannt, daß die stimulierende Wirkung des Phosphats mit der Überführung der anorganischen Phosphorsäure in organische Form verknüpft ist. Bezüglich der Frage, ob mit der Wirkung des Phosphats auch die Alkoholausscheidung sich steigert, haben die die Phosphatwirkung studierenden Forscher keine Untersuchungen durchgeführt.

1) *E. Godlewski* und *F. Polzeniusz*, l. c.

2) *L. Iwanoff*, Ber. d. deutsch. bot. Ges. 29, 563, 622, 1911.

3) *W. Zaleski* und *A. Reinhard*, diese Zeitschr. 35, 228, 1911.

4) *J. Bodnár*, diese Zeitschr. 165, 1, 1925. In dieser Mitteilung befindet sich auch die mit der Phosphatwirkung sich beschäftigende Literatur bezüglich der postmortalen Pflanzenatmung.

Zur Prüfung der Feststellung, daß der aufgekochte wässrige Extrakt der Trockenhefepräparate (Hefanol, Zymin) die Pflanzenatmung stimuliert, wurden noch vor den auf die Erbsenmehle sich beziehenden Beobachtungen *Iwanoffs* Versuche ausgeführt. Erstens hat *Kostytschew*¹⁾ wahrgenommen, daß die durch Zymin vergorene Zuckerlösung die CO₂-Ausscheidung der Weizenkeime stark stimuliert, was er — auf Grund der den genetischen Zusammenhang der aeroben und anaeroben Atmung behandelnden *Pfeffer-Godlewski*schen Hypothese — so zu erklären wünscht, daß die vergorene Zuckerlösung solche näher nicht bekannte Zwischenprodukte der alkoholischen Gärung enthält, die durch die Oxydase der Weizenkeime zu CO₂ und zu Wasser oxydiert werden, im Endresultat wird also durch die mit Zymin vergorene Zuckerlösung die aerobe Atmung stimuliert. Zum Beweis dieser Hypothese hat *Kostytschew*²⁾ nachgewiesen, daß durch die Wirkung von Peroxydase (aus Weizenkeimen) und Wasserstoffsperoxyd aus der vergorenen Zuckerlösung CO₂ entwickelt wird, ferner, daß auf die bei vollständiger Aeration atmenden lebenden Weizenkeime die vergorene Zuckerlösung derartig wirkt³⁾, daß die erhöhte CO₂-Ausscheidung von gesteigerter Sauerstoffabsorption begleitet wird, das CO₂/O₂-Verhältnis unverändert bleibt und kein Alkohol entsteht. Die vergorene Zuckerlösung wirkt auf die in Wasserstoff atmenden Weizenkeime derart, daß nicht nur die CO₂-, sondern auch die Alkoholausscheidung gesteigert wird, nachdem wegen Mangel an Sauerstoff die Zwischenprodukte der Gärung nicht durch Oxydation, sondern durch die Wirkung der Zymase der Weizenkeime zersetzt werden. Nach den Versuchen von *Zaleski* und *Reinhard*⁴⁾ wird die Atmung der Weizenkeime, ferner der Erbsen- und Weizenmehle nicht nur durch vergorene Zuckerlösung, sondern auch durch die aufgekochten wässrigen Extrakte des Hefanols befördert. Die Stimulation wurde nicht nur in der Luft, sondern auch im Wasserstoff beobachtet; da die Atmung der untersuchten Objekte anaerober Natur ist, stimuliert der Hefanolextrakt nicht die aerobe, sondern nur die anaerobe Atmung. Ein ähnliches Resultat erhielt *Iwanoff*⁵⁾, als er feststellte, daß der Zyminextrakt als auch die durch Zymin vergorene Zuckerlösung die Atmung der Weizenkeime ohne Sauerstoffabsorption stimuliert, und daß mit der CO₂-Ausscheidung auch die Menge des ausgeschiedenen Alkohols vergrößert wird. Es ist zu bemerken, daß *Iwanoff* nicht lebende (also größtenteils anaerob atmende) Weizenkeime zu seinen Versuchen benutzt hat. *Kostytschew*⁶⁾ erklärt die stimulierende Wirkung des Hefanol- und Zyminextraktes dadurch, daß nicht nur die vergorene Zuckerlösung, sondern auch Hefanol und Zymin Gärungszwischenprodukte enthalten.

Aus dem oben Genannten geht hervor, daß nach *Kostytschews* Ansicht durch die vergorene Zuckerlösung bzw. den Hefanolextrakt die aerobe (bei einer vollständigen Aeration) und anaerobe Atmung stimuliert wird. Hin-

¹⁾ *S. Kostytschew*, diese Zeitschr. 15, 164, 1908; 23, 137, 1909.

²⁾ *Derselbe*, Zeitschr. f. physiol. Chem. 67, 131, 1910.

³⁾ *S. Kostytschew* und *A. Scheloumoff*, Ber. d. deutsch. bot. Ges. 31, 422, 1913; *S. Kostytschew*, *W. Brillant*, *A. Scheloumoff*, ebendaselbst 31, 432, 1913.

⁴⁾ *W. Zaleski* und *A. Reinhard*, l. c.

⁵⁾ *L. Iwanoff*, Ber. d. deutsch. bot. Ges. 29, 622, 1911.

⁶⁾ *S. Kostytschew* und *A. Scheloumoff*, Jahrb. f. wissensch. Bot. 50, 157, 1911.

gegen kann nach *Iwanoff* und *Zaleski* nur von Stimulation der anaeroben Atmung die Rede sein.

Den Mechanismus der die anaerobe Atmung stimulierenden Wirkung des Hefanolextraktes kann man sich auf zweierlei Weise vorstellen: 1. In dem Extrakt sind solche Stoffe vorhanden, welche infolge der Wirkung der Zymase vergären, 2. der Extrakt enthält solche Stoffe, welche die Wirkung der Zymase fördern.

Auf die erste Weise — wie vorher ersichtlich — sucht *Kostytschew*, die stimulierende Wirkung des Hefanolextraktes zu erklären. Was die zweite Erklärung betrifft, so kann man daran denken, daß die Zymase durch das im Hefanolextrakt vorhandene anorganische Phosphat stimuliert wird, dem widersprechen aber jene Erfahrungen, daß das Phosphat auf die Atmung der lebenden Weizenkeime¹⁾ und des Weizenmehls²⁾ wirkungslos ist, hingegen wird durch Hefanolextrakt die CO₂-Ausscheidung dieser Objekte stark stimuliert.

Iwanoff führt auf Grund seiner mit Erbsenmehl ausgeführten Versuche die stimulierende Wirkung des Hefanol- und Zymineextraktes auf den Coenzymgehalt der Extrakte zurück. Es ist bekannt, daß zur Wirkung der Zymase der Hefe ein Coenzym notwendig ist, und daß im Laufe der Gärung das Coenzym verbraucht wird. Wenn neben der Zymase nur wenig Coenzym vorhanden ist, kann durch Zusatz von Coenzym die Intensität der Gärung gesteigert werden. Der Coenzymgehalt des Erbsenmehls im Verhältnis zu der Zymase ist klein, und so ist es nach *Iwanoff* leicht zu verstehen, daß der an Coenzym reiche Hefanolextrakt starke stimulierende Wirkung auf die alkoholische Gärung des Erbsenmehls ausübt. Demgemäß ist das Coenzym des Erbsenmehls durch das Coenzym der Hefe ersetzbar. *Meyerhof*³⁾ fand, daß der von der Wurzel der keimenden Erbsensamen gewonnene wässrige Extrakt einen das Coenzym der Hefe ersetzenden Stoff enthält. Nach *Kostytschew*⁴⁾ kann die stimulierende Wirkung des Hefanolextraktes und der vergorenen Zuckerlösung nicht auf das Coenzym zurückgeführt werden, „... von einer Einwirkung der Cofermente der Zymase kann in unserem Falle nicht die Rede sein, denn ... üben die bisher bekannten Cofermente nur auf getötete Objekte eine Wirkung aus...“

Zuletzt hat sich *Zaleski*⁵⁾ mit der Prüfung der Wirkung des Hefanolextraktes befaßt. Er hat festgestellt, daß Hefanolextrakt in der Luft als auch im Vakuum die CO₂-Ausscheidung der verschiedenen pflanzlichen Objekte (Weizen-, Lupinensamen und die Mehle der Keime dieser Samen) stark stimuliert; bei dem von den Keimen der *Vicia faba* gewonnenen Mehl hat er gefunden, daß der Hefanolextrakt nur auf das im Vakuum atmende Mehl einwirkt. Von der Wirkung des Hefanolextraktes sagt er folgendes: „Dennoch bleibt es unbekannt, ob der Hefanolextrakt die Stoffe enthält, die die Wirkung der Gärungsfermente, wie das z. B. das Coenzym tut, stimulieren, oder ob in diesem die

¹⁾ *S. Kostytschew* und *A. Schelcoumoff*, Ber. d. deutsch. bot. Ges. **31**, 422, 1913.

²⁾ *W. Zaleski* und *A. Reinhard*, diese Zeitschr. **27**, 450, 1910.

³⁾ *O. Meyerhof*, Zeitschr. f. physiol. Chem. **102**, 1, 1918.

⁴⁾ *S. Kostytschew*, Ber. d. deutsch. bot. Ges. **31**, 439, 1913.

⁵⁾ *W. Zaleski*, ebendaselbst **31**, 354, 1913.

Substanzen vorhanden sind, die durch die obengenannten Objekte vergoren werden“.

Zaleski macht über seine Beobachtung, auf Grund deren es uns gelungen ist, den Mechanismus der Wirkung des Hefanolextraktes auf die postmortale Pflanzenatmung aufzuklären, folgende Angaben: „Es ist sehr interessant, daß zwischen der Stimulation der CO_2 -Produktion verschiedener Pflanzen durch die Hefanolextrakte und der Vergärung der Brenztraubensäure durch diese Objekte ein gewisser Parallelismus besteht, so wird die CO_2 -Produktion der Pflanzen, die die Brenztraubensäure vergären, unter denselben Bedingungen auch durch die Hefanolextrakte stimuliert.“ So z. B. vergärt das aus den Keimen der *Vicia faba* gewonnene Mehl in der Luft weder die Brenztraubensäure noch ihr Na-Salz, und auch der Hefanolextrakt stimuliert die CO_2 -Ausscheidung dieses Mehles nicht, hingegen wurde im Vakuum durch die Wirkung der Brenztraubensäure, wie auch durch die des Hefanolextraktes eine gesteigerte CO_2 -Ausscheidung wahrgenommen. Auf Grund dieser Erscheinungen hat *Zaleski* vorausgesetzt, daß der Hefanolextrakt Brenztraubensäure enthält und die Brenztraubensäure durch die Wirkung der Carboxylase der pflanzlichen Objekte in CO_2 und Acetaldehyd gespalten wird. Die Untersuchungen, die sich auf den Nachweis von Brenztraubensäure und Acetaldehyd richteten, führten aber zu keinem positiven Resultat. *Zaleski* stellte außerdem fest, daß die die CO_2 -Ausscheidung stimulierenden Stoffe aus dem Hefanol mit Methylalkohol auslösbar sind.

Aus dem oben Gesagten geht hervor, daß unsere Kenntnisse bezüglich der Biochemie der postmortalen Pflanzenatmung noch in vieler Hinsicht widersprechend und lückenhaft sind und noch auf Ergänzung warten. Das Ziel unserer Untersuchungen war, die sich auf dieses Thema beziehenden, teils entgegengesetzten Ansichten ins Reine zu bringen und unsere Kenntnisse mit einigen neueren Daten zu vervollständigen.

Die wichtigsten Resultate unserer Untersuchungen sind im folgenden zusammenzufassen:

1. Die anaerobe Atmung der Mehle von Erbsen- und Lupinensamen stimmt — auf Grund der $\frac{\text{Alkohol}}{\text{CO}_2}$ -Verhältniszahl — mit der alkoholischen Gärung genau überein.
2. Durch die Wirkung des K_2HPO_4 steigert sich nicht nur die CO_2 -, sondern auch die Alkoholausscheidung.
3. Das in der Luft atmende Erbsenmehl scheidet nicht nur mehr CO_2 , sondern auch mehr Alkohol aus als im Wasserstoff, dies weist darauf hin, daß der Sauerstoff, wie es *Iwanoff* voraussetzt, indirekt an der Atmung teilnimmt.

4. Das aus Erbsen- und Lupinenmehl durch Dialyse erhaltene inaktive Mehl gewinnt seine Aktivität durch Einwirkung von wässrigem aufgekochten Mehlextrakt zurück und verhält sich so wie das ursprüngliche native Mehl. Durch aufgekochten Mehlextrakt wird auch die Atmung des nativen Mehles stark stimuliert.

Die alkoholische Gärung des dialysierten Mehles wird durch coenzymhaltigen Trockenhefeextrakt nicht zurückgestellt, durch Hefecoenzym kann also das Coenzym der pflanzlichen Zymase nicht ersetzt werden.

5. Die Nachweisbarkeit des durch die Wirkung der pflanzlichen Carboxylase aus Brenztraubensäure entstandenen Acetaldehyds hängt davon ab, in welchem Grade die Objekte den Acetaldehyd umzuwandeln fähig sind, diese Fähigkeit findet man am meisten bei dem Erbsenmehl, viel schwächer oder gar nicht ist sie bei dem Lupinen- und Weizenmehl und in dem wässrigen Extrakt der Mehle zu bemerken.

6. Das Lupinen- und Weizenmehl, der wässrige Extrakt dieser Mehle und des Erbsenmehles wirken derartig auf das Natriumpyruvinsäure ein, daß neben CO_2 auch die Entstehung des Acetaldehyds nachweisbar ist, dagegen beim Erbsenmehl scheidet sich nur CO_2 (im Wasserstoff) aus.

7. Die stimulierende Wirkung des Trockenhefeextraktes auf die postmortale Pflanzenatmung ist nicht auf den Coenzymgehalt des Hefeextraktes zurückzuführen — wie es *Iwanoff* dachte —, sondern man kann von jener Tatsache, daß der Trockenhefeextrakt eine ähnliche Wirkung wie das Natriumpyruvinsäure hat, darauf schließen, daß der Trockenhefeextrakt solche Substanzen enthält, aus welchen durch Einwirkung der Carboxylase der pflanzlichen Objekte CO_2 und Acetaldehyd entsteht.

Die Herren Professoren *C. Neuberg* in Berlin und *H. v. Euler* in Stockholm waren so gefällig, einen Teil der zu unseren Versuchen benutzten Brenztraubensäure sowie Trockenhefen zur Verfügung zu stellen, daher halten wir es für unsere angenehme Pflicht, den Herren *Carl Neuberg* und *Hans v. Euler* unseren innigsten Dank auszusprechen.

Experimenteller Teil.

a) Versuchsmethoden.

Die als Versuchsobjekte benutzten gut keimenden Erbsen- (Viktoria-sorte) und Lupinensamen (*Lupinus luteus*) wurden 1 bis 2 Stunden lang in Wasser eingeweicht, geschält, bei 30 bis 40° getrocknet, in der Samenmühle gemahlen, das Mahlprodukt auf einem $\frac{1}{5}$ -mm-Metallsieb durchgesiebt und das mehlfine Produkt zu den Versuchen benutzt. Zur Bereitung des Weizenmehles wurde ausgewählter, mit Wasser

gewaschener, gut keimender Weizen gemahlen und das Mahlprodukt ohne Durchsieben benutzt. Als Atmungsapparat diente ein eine große Bodenoberfläche besitzender Erlenmeyerkolben oder eine Saugflasche mit 400 bis 600 ccm Inhalt. Der den Erlenmeyerkolben luftdicht schließende, dreifach durchbohrte Kautschukpfropfen wurde mit rechtwinklig gebogenem Ausführungs- und Einleitungsrohr und mit einem kleinen Scheidetrichter versehen, bei der Saugflasche diente das Seitenrohr als Ausführungsrohr. Auf die Enden der Röhren wurden 4 bis 5 cm lange, mit Quetschhahn versehene dickwandige Gummischläuche gezogen. Zu dem in den Atmungsapparat hineingewogenen Mehl wurde die benötigte Menge Wasser bzw. Lösung und in jedem Falle 1 bis 2 ccm Toluol hinzugefügt und so vermischt, daß sich der entstehende Brei in einer möglichst einheitlich dünnen Schicht am Boden des Kolbens verteilte. Über Näheres bezüglich der Vermischung verweisen wir auf die Mitteilung des einen¹⁾ von uns. Sollte die CO_2 -Ausscheidung des im Atmungsapparat befindlichen Objektes in der Luft bestimmt werden, so wurden die Ausführungs- und Einleitungsrohre einfach verschlossen, hingegen sollte es im Wasserstoff geschehen, so wurde aus chemisch reiner Schwefelsäure und Zn gewonnener, durch Kalilauge, Kaliumpermanganat, Silbernitrat und konzentrierte Schwefelsäure gewaschener Wasserstoff eine halbe Stunde lang im lebhaften Strome durch den Atmungsapparat durchgeleitet und erst dann abgeschlossen.

CO₂-Bestimmung. Nach Ablauf der Versuchszeit wurde zur Bestimmung der ausgeschiedenen CO_2 das Ausführungsrohr des Atmungsapparates mit dem *Bodnár'schen* Barytwasserrohr²⁾ verbunden und nach vorsichtigem Öffnen des Quetschhahnes die im Atmungsapparat gesammelte CO_2 mit langsamem, CO_2 -freiem Luftstrom in das Absorptionsrohr hinübergetrieben. Bei Beginn des Überleitens wurden einige Kubikzentimeter verdünnter Schwefelsäure durch den Scheidetrichter in den Atmungsapparat einfließen gelassen, um die Wirkung der Enzyme zu vernichten und die eventuell in Form von Carbonat gebundene CO_2 frei zu machen. Jedes Kubikzentimeter des benutzten Barytwassers war fähig, 1 mg CO_2 zu binden. Zum Titrieren wurde Oxalsäurelösung (1 ccm = 1 mg CO_2) benutzt.

Alkoholbestimmung. Zur Alkoholbestimmung, wenn sie mit CO_2 -Bestimmung verbunden war, wurde eine unter denselben Bedingungen eingestellte Probe wie zur CO_2 -Bestimmung (in einem separaten Atmungsapparat) benutzt. Wenn nur Alkohol allein zu bestimmen war, so wurden keine Atmungsapparate benutzt, sondern das Mehl

¹⁾ J. Bodnár, diese Zeitschr. 165, 14, 1925.

²⁾ Noch nicht veröffentlicht.

in eine mit Gummipfropfen luftdicht verschließbare Flasche eingewogen und wie gewöhnlich mit Wasser vermischt.

Da die unmittelbare Destillation des Alkohols aus dem mit Wasser gemischten Mehl mit mehreren Schwierigkeiten verbunden ist (Aufschäumen, Anbrennen), wurde das Mehl in einen Meßzylinder mit Wasser hinübergewaschen, einige Kristalle Kochsalz und einige Tropfen Essigsäure hinzugefügt, auf 100 ccm ergänzt, 80 ccm des Filtrats mit Barytwasser alkalisch gemacht, wenig Tannin zugesetzt und destilliert. Das gewonnene Destillat wurde durch wiederholte Destillation auf 50 ccm gebracht und die Alkoholbestimmung auf folgende Weise durchgeführt:

Da in unserem Falle kleine Alkoholmengen zu bestimmen sind, haben wir statt mit der pyknometrischen mit der *Philip-Hamillschen*¹⁾ Methode gearbeitet. Nach diesem Verfahren wird der Alkohol in schwefelsaurer Lösung mit Kaliumbichromat oxydiert und das nicht verbrauchte Bichromat mit Ferrosulfat und Kaliumpermanganat zurücktitriert.

Die zur Bestimmung nötigen Lösungen enthielten in je 1000 ccm:

$K_2Cr_2O_7$	84,4 g
$FeSO_4 + 7 H_2O$	253,2 g
$KMnO_4$	3,5 g

Die Einstellung der Lösungen geschieht mit einer Alkohollösung von genau bestimmter Konzentration auf folgende Weise:

Zu einer Lösung von 5 ccm $K_2Cr_2O_7$ werden 10 ccm Wasser, 10 ccm konzentrierter H_2SO_4 zugefügt, im siedenden Wasserbade 10 Minuten lang erhitzt, mit 10 ccm $FeSO_4$ -Lösung versetzt und mit $KMnO_4$ -Lösung titriert; es wurden z. B. 5,1 ccm $KMnO_4$ verbraucht.

Ebenso vorgegangen, wie vorher, nur statt 10 ccm Wasser 10 ccm 50 mg Alkohol enthaltende Lösung benutzt, wurden 47,1 ccm $KMnO_4$ verbraucht.

Rechnung: $\frac{50}{47,1 - 5,1} = 1,19$, also jedes Kubikzentimeter der $KMnO_4$ -

Lösung bedeutet 1,19 mg Alkohol. Zur Kontrolle dieser Methode wurde der Alkoholgehalt solcher Lösungen, welche aus einer Alkohollösung von genau bekannter Konzentration hergestellt waren, bestimmt und folgende Resultate erhalten:

Verbrauchte $KMnO_4$	Alkohol	
	gefunden	berechnet
ccm	mg	mg
38,55	39,8	40
30,55	30,2	30
22,70	20,9	20
13,95	10,5	10
9,35	5,0	5

Diese Daten sprechen für die Verlässlichkeit der Methode.

¹⁾ Handb. d. biol. Arbeitsmethod., Lfg. 2, S. 114; Chem. Centralbl. 1898, I, 226.

Wenn neben Alkohol auch Acetaldehyd zugegen ist, ist diese Methode nicht anwendbar, der Aldehyd muß aus der Lösung entfernt werden. Zur Entfernung des Aldehyds ist das durch *Neuberg* und *Hirsch*¹⁾ empfohlene m-Phenylendiaminchlorhydrat geeignet. Inwieweit dieses Verfahren zur Bestimmung kleiner Mengen von Alkohol geeignet ist, wurde die folgende kontrollierende Prüfung ausgeführt.

Eine Lösung von 50 mg Alkohol + 20 mg Acetaldehyd in 70 ccm Wasser wurde mit 2 g m-Phenylendiaminchlorhydrat in 10 ccm Wasser versetzt, nach 30 Minuten langem Stehen 1 Stunde lang mit Rückflußkühler gekocht, dann destilliert, der Alkohol bestimmt und im Mittelwert 49,3 mg Alkohol zurückgewonnen.

Nachweis und Bestimmung des Acetaldehyds. Der Acetaldehyd wurde in dem Destillat der Objekte durch die *Riminische* Reaktion nachgewiesen. Die quantitative Bestimmung des Acetaldehyds wurde mit der gut bekannten *Ripperschen* Methode ausgeführt.

b) Versuchsergebnisse.

Zur Prüfung, inwieweit die CO₂-Ausscheidung des Erbsenmehles von der Menge des zum Mehl hinzugesetzten Wassers abhängt, wurden folgende Versuche ausgeführt.

1. Versuchsreihe.

Versuchsdauer 8 Stunden. Temperatur 14°. Je 5 g Erbsenmehl.

Wasser ccm	CO ₂ mg	Wasser ccm	CO ₂ mg
6	8,0 8,4	20	3,2 3,6
10	4,2 4,4	50	2,0 2,6

Diese Versuchsreihe zeigt klar, daß das mit 6 ccm Wasser — das zum einheitlichen Durchfeuchten eben genügt — vermengte Mehl die meiste CO₂ ausscheidet.

Nach *Zaleski* und *Reinhard*²⁾ scheidet das Erbsenmehl (Versuchsdauer 8 Stunden) im Wasserstoff ebensoviel CO₂ aus wie in der Luft, dagegen fand *Iwanoff*³⁾ in der Luft mehr CO₂-Ausscheidung als im Wasserstoff (im Vakuum). Das zu unseren Versuchen benutzte Erbsenmehl scheidet — unabhängig von der Versuchsdauer — mehr CO₂ in der Luft als im Wasserstoff aus.

2. Versuchsreihe.

Je 5 g Erbsenmehl + 6 ccm Wasser.

CO ₂ in der Luft mg	CO ₂ im Wasserstoff mg	Versuchsdauer Stunden	Temperatur
46,8	19	20	23—24 ⁰
46,6	17,4	20	23—24
8,7	5,7	6	16

¹⁾ *C. Neuberg* und *J. Hirsch*, diese Zeitschr. **98**, 141, 1919.

²⁾ *W. Zaleski* und *A. Reinhard*, diese Zeitschr. **35**, 228, 1911.

³⁾ *L. Iwanoff*, diese Zeitschr. **25**, 171, 1910.

*Iwanoff*¹⁾ fand bei dem Atmungsprozeß des Erbsenmehles, daß die Verhältniszahl $\frac{\text{Alkohol}}{\text{CO}_2}$ ($\text{CO}_2 = 100$) 67,8, 80,0 ist. Zu diesen Daten fügt *Iwanoff* folgendes hinzu: „Eine vollständige Übereinstimmung mit der Gleichung der alkoholischen Gärung ist natürlich schwer zu erwarten, da eine solche auch bei der Zymasegärung nicht immer zu beobachten ist. Hier muß dank der großen Oberfläche ein Teil des Alkohols sich verflüchtigen, trotzdem der Versuchskolben mit einer Waschflasche mit kaltem Wasser verbunden war.“ Um Alkoholverlust zu vermeiden, wurde die Alkoholbestimmung so ausgeführt, daß von zwei unter denselben Bedingungen eingestellten Proben die eine zur CO_2 -, die andere zur Alkoholbestimmung benutzt wurde.

3. Versuchsreihe.

Versuchsdauer 20 Stunden. Temperatur 18 bis 20°.

Je 5 g Erbsenmehl + 6 ccm Wasser.

CO ₂ mg	Alkohol mg	$\frac{\text{Alkohol}}{\text{CO}_2}$ mg
36,4	35,9	98,6
35,8	36,3	101,4

Die für die alkoholische Gärung charakteristische Verhältniszahl ist 104,5.

Nach den Daten der vierten Versuchsreihe wurde durch Phosphat nicht nur die CO_2 -Ausscheidung, sondern auch die Alkoholausscheidung stimuliert.

4. Versuchsreihe.

Versuchsdauer 20 Stunden. Temperatur 16°. Je 5 g Erbsenmehl.

Nr.		CO ₂ mg	Alkohol mg
1	6 ccm Wasser	16,4	18,8
2	6 ccm 2proz. K_2HPO_4	27,0	30,1

Nach den Daten der fünften und sechsten Versuchsreihe wurde durch Sauerstoff auch die Alkoholausscheidung gesteigert. Der Sauerstoff bewirkt also einen aktivierenden Einfluß auf die Erbsenenzymase, was *Iwanoff* so erklärt, daß der Sauerstoff aus dem Zymogen Zymase frei macht.

¹⁾ *L. Iwanoff*, Ber. d. deutsch. bot. Ges. **29**, 563, 1911.

5. Versuchsreihe.

Versuchsdauer 20 Stunden. Temperatur 18 bis 20°.

Je 5 g Erbsenmehl + 6 ccm Wasser.

Alkohol in der Luft mg	Alkohol im Wasserstoff mg
36,0	23,4 24,7

6. Versuchsreihe.

Versuchsdauer 4 Tage. Temperatur 15 bis 17°.

Je 10 g Erbsenmehl + 12 ccm Wasser.

Alkohol in der Luft mg	Alkohol im Wasserstoff mg
117, ... 118	108, ... 109

Auf Grund der Versuche *Godlewskis*¹⁾ ist die intramolekulare Atmung der Lupinensamen — ähnlich der Erbsensamen — auch als ein mit der alkoholischen Gärung identischer Prozeß zu betrachten. Nach unseren Untersuchungen bei der Atmung des Lupinenmehles stimmt die $\frac{\text{Alkohol}}{\text{CO}_2}$ -Verhältniszahl mit der für die alkoholische Gärung charakteristischen Verhältniszahl überein. Die Intensität der Atmung des Lupinenmehles — wie es *Godlewski* auch bei den lebenden Samen beobachtet hatte — ist wesentlich kleiner als die des Erbsenmehles.

7. Versuchsreihe.

Versuchsdauer 40 Stunden. Temperatur 17°.

Je 5 g Lupinenmehl + 8 ccm Wasser²⁾.

CO ₂ mg	Alkohol mg	$\frac{\text{Alkohol}}{\text{CO}_2}$ mg
8,4	8,7	103,5
8,0	8,7	108,7

Harden und *Young* haben die Hefezymase durch Dialyse in zwei Teile geteilt, der eine Bestandteil ist ein thermolabiles Enzym, der andere das thermostabile Coenzym. Jedes einzelne ist wirkungslos, der Zucker kann nur durch coenzymhaltige Zymase vergoren werden.

Wurde Erbsen- und Lupinenmehl der Dialyse unterworfen, so bekam man solche Mehle, welche nur höchstens in Spuren CO₂ und

¹⁾ *E. Godlewski*, Bull. de l'Acad. des sciences de Cracovie, Mars 1904, S. 115.

²⁾ Das Lupinenmehl war nur mit 8 ccm Wasser zum Brei zu vermischen.

Alkohol ausscheiden, aber durch die Wirkung der wässerigen gekochten Extrakte dieser Mehle ihre Aktivität zurückgewannen, ihr Atmungsprozeß stimmt vollständig mit der Atmung des ursprünglich nativen Mehles überein.

Die Dialyse dieser Mehle wurde so ausgeführt, daß je 30 g Mehl mit je 150 ccm Wasser und 2 bis 3 ccm Toluol vermischt, der gewonnene dünne Brei in einen Beutel aus gutem Pergamentpapier geschüttet, der mit einer Schnur befestigte Beutel in ein mit destilliertem Wasser gefülltes Becherglas eingetaucht und auf die Oberfläche des Wassers so viel Toluol geschüttet wurde, daß es ganz bedeckt war. Die Dialyse dauerte 24 Stunden, inzwischen wurde das äußere Wasser dreimal erneuert. Nach Beendigung der Dialyse wurde der Inhalt des Beutels auf Faltenfilter gebracht, der am Filter gebliebene Brei auf Glasplatten aufgeschmiert, bei Zimmertemperatur getrocknet, zum Mehl gemahlen und im toluolhaltigen Exsikkator aufbewahrt. Zwecks Bereitung von Extrakt wurden je 20 g Mehl mit 120 ccm Wasser und 1 bis 2 ccm Toluol gut vermischt, 2 Stunden lang stehengelassen und durch ein trockenes Faltenfilter filtriert. Das gelbliche, opalisierende Filtrat wird in einer Porzellanschale im Wasserbade so weit eingengt, daß die vom ausgeschiedenen Protein abgeessene Flüssigkeit mit dem dialysierten Mehl vermischt eine breiartige Masse gab.

8. Versuchsreihe.

Versuchsdauer 20 Stunden. Temperatur 16°.

Je 5 g dialysiertes Erbsenmehl + 7 ccm Wasser.

CO ₂ mg	Alkohol mg
1,2	0

Je 5 g dialysiertes Erbsenmehl + Extrakt aus 20 g nativem Erbsenmehl.

CO ₂ mg	Alkohol mg	Alkohol CO ₂ mg
18,4	18,5	100,5
11,4	12,3	107,9

Je 10 g dialysiertes Erbsenmehl + Extrakt aus 20 g nativem Erbsenmehl.

CO ₂ in der Luft mg	CO ₂ im Wasserstoff mg	Alkohol in der Luft mg	Alkohol im Wasserstoff mg
24,0	12,6	26,0	13,6

9. Versuchsreihe.

Versuchsdauer 40 Stunden. Temperatur 18 bis 21°.

Je 10 g dialysiertes Lupinenmehl + 14 ccm Wasser.

CO ₂ mg	Alkohol mg
2,4	In Spuren

Je 10 g dialysiertes Lupinenmehl + Extrakt aus 20 g nativem Lupinenmehl.

CO ₂ mg	Alkohol mg	Alkohol CO ₂ mg
26,6	28,6	107,5
28,6	29,7	106,1

Die Daten der achten und neunten Versuchsreihe beziehen sich auf solche dialysierten Mehle, die gleich nach dem Austrocknen geprüft wurden. Die Aktivität der dialysierten Mehle sinkt während der Aufbewahrung, und zwar bei dem Erbsenmehl schneller als bei dem Lupinenmehl.

10. Versuchsreihe.

Versuchsdauer 20 Stunden. Temperatur 15°.

1. Je 5 g dialysiertes *eintägiges* Erbsenmehl + Extrakt aus 20 g nativem Erbsenmehl.
2. Je 5 g dialysiertes *fünftägiges* Erbsenmehl + Extrakt aus 20 g nativem Erbsenmehl.

Nr.	CO ₂ mg	Alkohol mg
1	18,4	18,5
2	6,4	7,2

11. Versuchsreihe.

Versuchsdauer 40 Stunden. Temperatur 18 bis 20°.

1. Je 10 g dialysiertes *eintägiges* Lupinenmehl + Extrakt aus 20 g nativem Lupinenmehl.
2. Je 10 g dialysiertes *fünftägiges* Lupinenmehl + Extrakt aus 20 g nativem Lupinenmehl.
3. Je 10 g dialysiertes *zehntägiges* Lupinenmehl + Extrakt aus 20 g nativem Lupinenmehl.

Nr.	CO ₂ mg	Alkohol mg
1	28,0	29,7
2	16,0	20,3
3	10,4	13,0

Der gekochte, wässrige Extrakt des Erbsenmehls aktiviert nicht nur die Atmung des dialysierten, sondern auch die des nativen Erbsenmehls, wie in der Luft so im Wasserstoff.

12. Versuchsreihe.

Versuchsdauer 20 Stunden. Temperatur 19 bis 20°.

1. Je 5 g Erbsenmehl + 6 ccm Wasser.
2. Je 5 g Erbsenmehl + Extrakt aus 20 g nativem Mehl.

Nr.	In der Luft		Im Wasserstoff	
	CO ₂ mg	Alkohol mg	CO ₂ mg	Alkohol mg
1	22,0	23,0	15,2	18,7
2	35,4	35,0	24,8	26,7

Längere Zeit atmendes Erbsenmehl scheidet schon wenig CO₂ aus, weil einerseits die Wirkung der Zymase schwächer wird, andererseits das Coenzym verbraucht wird. So fand z. B. *Iwanoff*¹⁾, daß 5 g Erbsenmehl in den ersten 24 Stunden 19,6 mg, in den sechsten 24 Stunden aber nur 2,2 mg CO₂ ausscheiden. Die CO₂-Ausscheidung des seit längerer Zeit atmenden Erbsenmehles wird durch den Extrakt des nativen Mehles stark stimuliert.

13. Versuchsreihe.

Versuchsdauer 20 Stunden. Temperatur 15°.

Je 5 g Erbsenmehl + 6 ccm Wasser, nach 6 Tagen.

1. Je 5 ccm Wasser.
2. Extrakt aus je 20 g nativem Erbsenmehl.

Nr.	CO ₂	
	mg	mg
1	5,0	4,5
2	11,8	11,4

Die Wirkung der Brenztraubensäure und des Trockenhefeextraktes auf die Atmung der Samenmehle.

Auf Grund der Untersuchungen von *Zaleski* und *Marx*²⁾ wird die CO₂-Ausscheidung des Erbsen- und Lupinenmehls durch Brenztraubensäure und noch mehr durch das Na-Salz dieser Säure stark stimuliert, wobei man auf die Gegenwart der *Neubergs*chen Carboxylase schließen kann. Als wir die Wirkung der Brenztraubensäure und deren Na-Salz auf die Samenmehle untersuchten, erhielten wir folgende Resultate:

¹⁾ *L. Iwanoff*, l. c.

²⁾ *W. Zaleski* und *E. Marx*, diese Zeitschr. 47, 185, 1912; 48, 175, 1912; *W. Zaleski*, Ber. d. deutsch. bot. Ges. 31, 349, 1913.

Nr. der Versuchsreihen: Temperatur:	14 22 bis 23°		15 21 bis 22°		16 20°	
	Je 5 g Erbsenmehl		Je 5 g Lupinenmehl		Je 5 g Weizenmehl	
	in der Luft mg CO ₂	im Wasserstoff mg CO ₂	in der Luft mg CO ₂	im Wasserstoff mg CO ₂	in der Luft mg CO ₂	im Wasserstoff mg CO ₂
Versuchsdauer 20 Stunden						
Je 6 ccm Wasser ¹⁾	43,0	17	10,3	9,6	3,4	3,0
„ 6 „ 0,3 proz. Brenztraubensäure	23,4 (— 19,6)	23,5 (+ 6,5)	12,0 (+ 1,7)	12,0 (+ 2,4)	6,6 (+ 3,2)	—
Je 6 ccm 0,8 proz. Brenztraubensäure	15,8 (— 27,2)	19,8 (+ 2,8)	14,8 (+ 4,5)	15,8 (+ 6,0)	4,6 (+ 1,2)	—
„ 6 ccm 0,3 proz. Na-pyruvinat	50,0 (+ 7,0)	29,2 (+ 13,2)	14,4 (+ 4,1)	16,0 (+ 6,4)	7,4 (+ 4,0)	—
„ 6 „ 0,8 proz. „	39,2 (— 3,8)	24,8 (+ 7,8)	17,2 (+ 6,9)	20,0 (+ 10,4)	8,4 (+ 5,0)	—

¹⁾ Zu dem Lupinenmehl wurden 8 ccm Wasser bzw. Lösung benutzt.

Aus den Daten dieser Versuchsreihen ist ersichtlich, daß die CO₂-Ausscheidung des *Erbsenmehls* in der Luft durch Brenztraubensäure stark vermindert, durch verdünntes Natriumpyruvinat gefördert und durch konzentriertes Natriumpyruvinat ein wenig herabgesetzt wird. Im Wasserstoff wurde in jedem Falle gesteigerte CO₂-Ausscheidung beobachtet; verdünnte Lösungen stimulieren stärker als konzentrierte, bei dem *Lupinen-* und *Weizenmehl* wurde auch in der Luft gesteigerte CO₂-Ausscheidung beobachtet.

Diese Resultate lassen daraus folgern, daß bei solchem Samenmehl, wie z. B. das *Erbsenmehl*, welches in der Luft wesentlich mehr CO₂ ausscheidet wie im Wasserstoff, der den CO₂-Überschuß erzeugende Oxydationsprozeß — nach *Iwanoff* die Entstehung der Zymase aus einem Zymogen — durch Brenztraubensäure stark und durch 0,8 proz. Natriumpyruvinat weniger paralytisiert wird. Bei solchen Objekten, wie z. B. die *Lupinen-* und *Weizenmehle*, welche in der Luft nur etwas mehr CO₂ ausscheiden als im Wasserstoff, wird die Zersetzung der Brenztraubensäure auch in der Luft wahrnehmbar sein.

Zaleski hat gefunden, daß durch 0,3 proz. Brenztraubensäure die CO₂-Ausscheidung des *Erbsenmehles* gesteigert wird. Nach Versuchen *Zaleskis* ist die anaerobe und aerobe CO₂-Ausscheidung des *Erbsenmehles* gleich. Da — auf Grund des oben Gesagten — bei solchen

Mehlen die aktivierende Wirkung der Brenztraubensäure auch in der Luft sich äußert, ist es wahrscheinlich, daß *Zaleski* die Wirkung der Brenztraubensäure auf in der Luft und im Wasserstoff mit gleicher Intensität atmende Erbsenmehle untersucht hat.

Läßt man auf aus Samenmehlen gewonnene wässrige Extrakte Brenztraubensäure oder Natriumpyruvinat einwirken, so kann man CO₂-Entwicklung wahrnehmen, also ist die Carboxylase aus den Mehlen mit Wasser zu extrahieren. Da die Extrakte meist nur in Spuren CO₂ ausscheiden, wird bei Erbsenmehlextrakten durch Einwirkung von Brenztraubensäure und konzentriertem Natriumpyruvinat auch in der Luft CO₂-Ausscheidung zu beobachten sein.

Aus den Mehlen wurden die wässrigen Extrakte derartig gewonnen, daß je 10 g Mehl mit Wasser und mit etwas Toluol vermischt wurden (es wurden zum Erbsenmehl 60, zum Lupinenmehl 70 und zum Weizenmehl 40 ccm Wasser angewendet), 2 Stunden lang stehengelassen, dann auf ein trockenes Faltenfilter gebracht und das opalisierende Filtrat zu den Versuchen benutzt wurde.

Der Nachweis der Carboxylase kann nur dann als ganz sicher betrachtet werden, wenn es gelingt, neben CO₂ auch die Entstehung des Acetaldehyds nachzuweisen. *Zaleski* hat beobachtet, daß durch die Einwirkung von Lupinen- und Erbsensamen aus Brenztraubensäure Acetaldehyd abgespalten wird.

Nr. d. Versuchsreihen:	17		18		19
Temperatur:	22 bis 23°		22°		21°
Versuchsdauer 20 Stunden	Je 12 ccm Erbsenmehlextrakt		Je 14 ccm Lupinenmehlextrakt		Je 20 ccm Weizenmehlextrakt
	in der Luft mg CO ₂	im Wasserstoff mg CO	in der Luft mg CO ₂	im Wasserstoff mg CO ₂	in der Luft mg CO ₂
Je 2 ccm Wasser	1,1	0	0	0	0
" 5 " "	0,6	0	0	0	0
Je 2 ccm 1 proz. Brenztraubensäure	3,2 (+ 2,1)	3,0 (+ 3,0)	4,5 (+ 4,5)	4,6 (+ 4,6)	2,0 (+ 2,0)
Je 5 ccm 1 proz. Brenztraubensäure	2,0 (+ 1,4)	1,4 (+ 1,4)	4,4 (+ 4,4)	3,4 (+ 3,4)	2,0 (+ 2,0)
Je 2 ccm 1 proz. Na-pyruvinat . .	4,2 (+ 3,1)	3,2 (+ 3,2)	5,0 (+ 5,0)	4,8 (+ 4,8)	1,8 (+ 1,8)
Je 5 ccm 1 proz. Na-pyruvinat . .	7,0 (+ 6,4)	9,0 (+ 9,0)	6,8 (+ 6,8)	5,4 (+ 5,4)	1,8 (+ 1,8)

Wenn die Hefecarboxylase auf das Na-Salz der Brenztraubensäure einwirkt, so ist nach den Versuchen *Neubergs* und *Karczags*¹⁾ die Entstehung des Acetaldehyds nicht nachweisbar. Der abgespaltene Acetaldehyd wird auf Grund der Versuche *Neubergs* und *Hirschs*²⁾ durch die

¹⁾ *C. Neuberg* und *L. Karczag*, diese Zeitschr. **36**, 68, 1911.

²⁾ *C. Neuberg* und *J. Hirsch*, ebendaselbst **96**, 175, 1919.

Einwirkung der Aldehydmutase der Hefe — im Sinne der *Cannizaroschen* Reaktion — zu Alkohol und Essigsäure umgewandelt. Wenn der Acetaldehyd nicht aus Pyruvinat, sondern aus freier Brenztraubensäure abgespalten wird, wird infolge der sauren Reaktion des Mediums weniger Aldehyd umgewandelt, der größte Teil bleibt unverändert.

Über unsere auf die Nachweisbarkeit des Acetaldehyds sich beziehenden Untersuchungen gibt die 20. Versuchsreihe Aufklärung.

20. Versuchsreihe.

Versuchsdauer 20 Stunden. Temperatur 18 bis 20°.

			Acetaldehydreaktion
5 g	Erbsenmehl	+ 6 ccm Wasser	negativ
5 g	„	+ 6 „ 0,8proz. Brenztraubensäure	positiv
5 g	„	+ 6 „ 0,3 „ Na-Pyruvinat	negativ
5 g	„	+ 6 „ 0,8 „	„
5 g	Lupinenmehl	+ 8 „ Wasser	kaum positiv
5 g	„	+ 8 „ 0,8proz. Brenztraubensäure	positiv
5 g	„	+ 8 „ 0,8 „ Na-Pyruvinat	„
5 g	Weizenmehl	+ 6 ccm Wasser	negativ
5 g	„	+ 6 „ 0,8proz. Na-Pyruvinat	positiv
12 g	Erbsenmehlextrakt	+ 5 ccm Wasser	negativ
12 g	„	+ 5 „ 0,8proz. Na-Pyruvinat	positiv
14 g	Lupinenmehlextrakt	+ 5 „ Wasser	kaum positiv
14 g	„	+ 5 „ 0,8proz. Na-Pyruvinat	positiv
20 g	Weizenmehlextrakt	+ 5 „ Wasser	negativ
20 g	„	+ 5 „ 0,8proz. Na-Pyruvinat	positiv

Aus den Daten dieser Versuchsreihe geht hervor, daß mit Brenztraubensäure alle drei Mehle positive Aldehydreaktion geben, in den mit Natriumpyruvinat eingestellten Mehlen — mit Ausnahme des Erbsenmehles — kann man auch die Anwesenheit des Acetaldehyds nachweisen. Auch bei den Mehlextrakten wurde mit Natriumpyruvinat in jedem Falle positive Reaktion erhalten. Im Lupinenmehl und -extrakt entsteht auch ohne Brenztraubensäure Acetaldehyd, aber nur in schwachen Spuren.

Auf Grund dieser Daten schien es sehr naheliegend, darauf zu schließen, daß das Lupinen- und Weizenmehl und weiterhin die Extrakte trotz der alkalischen Reaktion nicht imstande sind, den entstandenen Acetaldehyd gänzlich umzuwandeln, hingegen aber kann der Acetaldehyd in dem mit Natriumpyruvinat eingestellten Erbsenmehl deshalb nicht nachgewiesen werden, weil der abgespaltene Acetaldehyd gleich umgewandelt wird. Bei dem mit freier Brenztraubensäure eingestellten Mehl wird aber der Acetaldehyd infolge der sauren Reaktion

des Mediums nicht vollständig umgewandelt, sondern bleibt in gut nachweisbarer Menge zurück.

Inwieweit Samenpflanzen Acetaldehyd umzuwandeln fähig sind, finden wir in *Zaleski's* Mitteilungen¹⁾ über die pflanzliche Carboxylase folgende Daten:

„So haben wir beobachtet, daß abgetötete Erbsensamen auf Kosten von Brenztraubensäure Äthylalkohol bilden, während Lupinensamen zu einer solchen Umwandlung nicht fähig sind. Diese Erscheinung steht im Zusammenhang mit den reduzierenden Eigenschaften dieser Objekte. Weiter haben wir gefunden, daß die Erbsensamen nur 40 bis 50 Proz. von Acetaldehyd in Äthylalkohol überführen.“

„Der bei der Zersetzung der Brenztraubensäure durch die Carboxylase in den Pflanzen auftretende Acetaldehyd wird je nach den Bedingungen zu Alkohol reduziert oder weiter oxydiert.“

Jedenfalls ist es Aufgabe weiterer Forschungen, zu entscheiden, ob in Samenpflanzen die Umwandlung des Acetaldehyds im Sinne der Dismutationsreaktion geschieht.

Die Resultate unserer Versuche über die Acetaldehyd umwandelnde Fähigkeit des Erbsen-, Lupinen- und Weizenmehles und deren Extrakte enthält die 21. Versuchsreihe.

21. Versuchsreihe.

Versuchsdauer 20 Stunden. Temperatur 19 bis 20°.

Je 10 ccm Acetaldehydlösung.

	Hinzugefügter Acetaldehyd mg	Zurückgewonnener Acetaldehyd mg	Verbrauchter Acetaldehyd mg
5 g Erbsenmehl	25,0	7,7	17,3
5 g Lupinenmehl	28,6	23,0	5,6
5 g Weizenmehl	27,1	26,2	0,9
12 ccm Erbsenmehlextrakt . .	23,1	21,9	1,2
14 „ Lupinenmehlextrakt . .	28,6	26,6	2,0
10 „ Weizenmehlextrakt . .	27,1	26,2	0,9

Diese Daten bestätigen, daß es bei dem Erbsenmehl deshalb nicht gelungen ist, die Anwesenheit des vom Natriumpyruvinat abgespaltenen Acetaldehyds nachzuweisen, weil die Umwandlung des Acetaldehyds bei dem Erbsenmehl am intensivsten geschieht. Lupinen- und Weizenmehl, weiterhin die Extrakte sind nur in sehr vermindertem Grade oder überhaupt nicht fähig, Acetaldehyd umzuwandeln, und so wird der Nachweis des Acetaldehyds möglich.

¹⁾ *W. Zaleski* und *E. Marx*, diese Zeitschr. 48, 175, 1912; *W. Zaleski*, Ber. d. deutsch. bot. Ges. 31, 349, 1913.

Die Wirkung des Trockenhefeextraktes auf Erbsen-, Lupinen- und Weizenmehl und auf die Extrakte dieser Mehle ist nach den Daten der 22. und 23. Versuchsreihe ganz ähnlich der Wirkung des 0,8proz. Natriumpyruvinats. Durch die Einwirkung von Trockenhefeextrakten sinkt die CO₂-Ausscheidung des Erbsenmehls in der Luft, vermehrt sich aber im Wasserstoff; die CO₂-Ausscheidung des Lupinen- und Weizenmehles und die der Extrakte wird durch Trockenhefeextrakt auch in der Luft gefördert, und *endlich, was das wichtigste ist*, ist es gelungen, neben CO₂ auch die Entstehung des Acetaldehyds nachzuweisen. Ebenso wie bei der Prüfung der Wirkung des Natriumpyruvinats gab nur das Erbsenmehl keine positive Aldehydreaktion. Zur Bereitung des Trockenhefeextraktes wurden 5 g gepulverter Trockenhefe mit 30 ccm Wasser vermischt, 10 Minuten lang in ein heißes Wasserbad gestellt, filtriert, auf dem Wasserbade zu 6 bis 8 ccm eingengt und dieser konzentrierte Extrakt zu den Versuchen benutzt.

22. Versuchsreihe.

Versuchsdauer 20 Stunden. Temperatur 16°.

	CO ₂ in der Luft mg	CO ₂ im Wasserstoff mg
5 g Erbsenmehl + 6 ccm Wasser	19,8	11,4
5 g " + 6 " Hefeextrakt	13,2 (— 6,4)	22,4 (+ 11)
5 g Lupinenmehl + 8 ccm Wasser	5,4	—
5 g " + 8 " Hefeextrakt	15,6 (+ 10,2)	—
5 g Weizenmehl + 6 ccm Wasser	3,8	—
5 g " + 6 " Hefeextrakt	10,2 (+ 6,4)	—
12 ccm Erbsenmehlextrakt + 6 ccm Wasser	0	—
12 " " + 6 " Hefe- extrakt	6,6 (+ 6,6)	—
14 ccm Weizenmehlextrakt + 6 ccm Wasser	0	—
14 " " + 6 " Hefe- extrakt	8,0 (+ 8,0)	—

23. Versuchsreihe.

Versuchsdauer 20 Stunden. Temperatur 18 bis 20°.

	Acetaldehydreaktion
5 g Erbsenmehl + 6 ccm Trockenhefeextrakt	negativ
5 g Lupinenmehl + 8 " "	positiv
5 g Weizenmehl + 6 " "	"
12 ccm Weizenmehlextrakt + 6 ccm Trockenhefeextrakt	"
12 " Lupinenmehlextrakt + 6 " "	"
12 " Weizenmehlextrakt + 6 " "	"

Bei der Prüfung (24. Versuchsreihe) aus einem alten, den Zucker nicht mehr vergärenden Hefanol gewonnenen Extrakte erhalten wir dieselben Resultate wie mit frischer Trockenhefe.

24. Versuchsreihe.

Versuchsdauer 20 Stunden. Temperatur 18 bis 20°.

	mg CO ₂	Acetaldehyd- reaktion
5 g Erbsenmehl + 6 ccm Wasser	25,0	
5 g „ + 6 „ Hefanolextrakt	23,0 (— 2,0)	negativ
5 g Lupinenmehl + 8 ccm Wasser	9,0	
5 g „ + 8 „ Hefanolextrakt	22,0 (+ 11,2)	positiv
5 g Weizenmehl + 6 ccm Wasser	3,6	
5 g „ + 6 „ Hafenolextrakt	7,4 (+ 3,8)	positiv
12 ccm Erbsenmehlextrakt + 6 ccm Wasser	0	
12 „ „ + 6 „ Hefanol- extrakt	3,4 (+ 3,4)	positiv
14 ccm Lupinenmehlextrakt + 8 ccm Wasser	0	
14 „ „ + 8 „ Hefanol- extrakt	5,8 (+ 5,8)	positiv

Die 25. Versuchsreihe dient als Bestätigung, daß der Acetaldehyd aus dem Trockenhefeextrakt durch Enzymwirkung entsteht.

25. Versuchsreihe.

Versuchsdauer 20 Stunden. Temperatur 18 bis 20°.

	Acetaldehydreaktion
14 ccm Lupinenmehlextrakt + 6 ccm Wasser	kaum positiv
14 „ „ + 6 „ Trockenhefeextrakt	positiv
14 „ gekochter Lupinenmehlextrakt + 6 ccm Trockenhefe- extrakt	negativ
14 ccm Wasser + 6 ccm Trockenhefeextrakt.	„

Um eine leichtere Übersicht zu gewinnen, stellen wir die mit Natriumpyruvinat und die mit Trockenhefeextrakt erhaltenen Resultate nebeneinander.

	CO ₂ -Überschuß				Acetaldehydreaktion	
	Na-Pyruvinat		Trockenhefeextrakt		Na- Pyruvinat	Trocken- hefeextrakt
	in der Luft mg	im Wasserstoff mg	in der Luft mg	im Wasserstoff mg		
Erbsenmehl	— 3,8	7,8	— 5,4	11,0	negativ	negativ
Erbsenmehl- extrakt	6,4	—	6,4	—	positiv	positiv
Lupinenmehl	6,9	—	10,2	—	positiv	positiv
Lupinenmehl- extrakt	6,8	—	8,0	—	positiv	positiv
Weizenmehl u. Extrakt	—	—	—	—	positiv	positiv

Auf Grund dieser Daten kann die stimulierende Wirkung des Trockenhefeextraktes auf die postmortale Pflanzenatmung darauf zurückgeführt werden, daß der Trockenhefeextrakt solche Substanzen enthält, aus welchen durch die Einwirkung der Carboxylase der pflanzlichen Objekte CO₂ und Acetaldehyd entsteht. Es ist Aufgabe weiterer

Forschungen, zu entscheiden, ob in der Trockenhefe die Brenztraubensäure oder eines ihrer Salze vorhanden ist. Wenn die Brenztraubensäure nicht als solche vorhanden ist, ist es fraglich, aus welcher Verbindung des Trockenhefeextraktes und auf Grund welcher Wirkung des Pflanzenenzym sie entsteht.

Es schien interessant, Versuche durchzuführen, um zu erfahren, wie der coenzymhaltige Trockenhefeextrakt auf das coenzymfreie dialysierte Mehl einwirkt und ob das Coenzym der Zymase der Samenpflanzen durch das Coenzym der Hefezymase zu ersetzen ist.

26. Versuchsreihe.

Versuchsdauer 40 Stunden. Temperatur 18 bis 20°.

Je 10 g dialysiertes Lupinenmehl.

Nr.		CO ₂ mg	Alkohol mg	Acetaldehyd- reaktion
1	16 ccm Wasser	2,0	—	—
2	16 „ Trockenhefeextrakt .	6,6	2,1	positiv
3	16 „ Lupinenmehlextrakt .	23,4	25,6	negativ

Dialysiertes Lupinenmehl scheidet nach Einwirkung von Trockenhefeextrakt nur wenig CO₂ und nur Spuren von Alkohol aus, hingegen mit Mehlextrakt ist eine intensive CO₂- und Alkoholausscheidung zu beobachten. Dem entsprechend kann das Coenzym der Zymase der Lupinensamen nicht durch Hefecoenzym ersetzt werden, die mit Trockenhefeextrakt beobachtete CO₂-Ausscheidung ist auf die Wirkung der Carboxylase zurückzuführen, die Carboxylase kann ihre Wirkung auch ohne Coenzym ausüben.

Iwanoff fand, daß der Zymineextrakt auch die Alkoholausscheidung des Erbsenmehles stark stimuliert, und dies schreibt er dem Coenzymgehalt des Zymineextraktes zu. Nach den Daten der 27. Versuchsreihe fördert der Trockenhefeextrakt die Alkoholausscheidung des Erbsen- und Lupinenmehles, und zwar ist die Wirkung des Extraktes bei dem Erbsenmehl wesentlich intensiver als bei dem Lupinenmehl.

27. Versuchsreihe.

Versuchsdauer 20 Stunden. Temperatur 18 bis 22°.

	Alkohol mg
5 g Erbsenmehl + 6 ccm Wasser	15,5
5 g „ + 6 „ Trockenhefeextrakt . .	28,4
5 g Lupinenmehl + 8 ccm Wasser	8,1
5 g „ + 8 „ Trockenhefeextrakt .	10,1

Auf Grund unserer Versuche kann die die Alkoholausscheidung stimulierende Wirkung des Trockenhefeextraktes nicht auf das Coenzym des Extraktes zurückgeführt werden, sondern sie ist so zu erklären, daß der aus dem Trockenhefeextrakt durch die Wirkung der Carboxylase frei werdende Acetaldehyd zu Alkohol umgewandelt wird. Dieser Prozeß ist bei dem Erbsenmehl viel intensiver als bei dem Lupinenmehl. Wenn der Trockenhefeextrakt auf solche Objekte (wie z. B. die Mehlextrakte), welche höchstens nur Spuren von Acetaldehyd umzuwandeln fähig sind, einwirkt, wird die Steigerung der CO₂-Ausscheidung nicht von einer Alkoholausscheidung begleitet.

28. Versuchsreihe.

Versuchsdauer 20 Stunden. Temperatur 18 bis 20°.

	Alkohol mg	Acetaldehyd- reaktion
12 ccm Erbsenmehlextrakt + 6 ccm Wasser . . .	4,7	negativ
12 " " " + 6 " Trockenhefe- extrakt	5,3	positiv
14 ccm Lupinenmehlextrakt + 6 ccm Wasser . . .	4,9	kaum positiv
14 " " " + 6 " Trockenhefe- extrakt	5,3	positiv

12 ccm Erbsenmehlextrakt enthalten ursprünglich 6,6 mg Alkohol.
 14 " Lupinenmehlextrakt " " " 5,3 " "

ELLENRENYI EGYETEMI KÖNYVTÁR
9956/1054. Gyarapodási részleír.

Fortsetzung des Inhaltsverzeichnisses.

	Seite
Helanzan, N. Über die Ionenwirkung auf die Leberfunktion und den Zuckerstoffwechsel. I. Mitteilung: Elektrolytenwirkung auf die sekretorische Leberfunktion	33
— — Über die Ionenwirkung auf die Leberfunktion und den Zuckerstoffwechsel. II. Mitteilung: Elektrolytenwirkung auf den Zuckerstoffwechsel	57
— — Über die Ionenwirkung auf die Leberfunktion und den Zuckerstoffwechsel. III. Mitteilung: Die Wirkung des Ca und Na auf die Leberfunktion in bezug auf den Zuckerstoffwechsel	81
Reitstötter, Josef und Grete Lasch. Über die Konzentration von Eiweißlösungen und anderen Solen hydrophiler Kolloide mit Hilfe des elektrischen Stromes	90
Täufel, Kurt. Studien über die Beziehungen zwischen dem chemischen Aufbau und dem Geschmack süß schmeckender Stoffe (Zuckerarten, Alkohole)	96
Grafe, E., H. Reinwein und Singer. Studien über Gewebsatmung. II. Mitteilung: Die Atmung der überlebenden Warmblüterorgane	102
Kultjugin, A. und N. Iwanowsky. Mikrobestimmung des Stickstoffs	118
Negelein, Erwin. Über die glykolytische Wirkung embryonalen Gewebes	122
Lecomte du Noüy, P. Die Oberflächenspannung von Serum. Über physikalisch-chemische Änderungen im Serum als Folge der Immunisierung	134
Bodnár, J. und Piroška Hoffner. Beiträge zur biochemischen Kenntnis der postmortalen Pflanzenatmung	145
Niethammer, Anneliese. Über das Gesetz vom Minimum bei Pilzkulturen.	168
Warburg, Otto. Über die Wirkung der Blausäure auf die alkoholische Gärung	196
Negelein, Erwin. Über die Wirkung des Schwefelwasserstoffs auf chemische Vorgänge in Zellen	203
Hecht, Gerhard. Über das Membrangleichgewicht und den kolloidosmotischen Druck des Serums	214
Nitschke, A. Über die Zustandsform des Calciums im Serum . . .	229
Neuberg, Carl und Genia Perlmann. Verlauf der alkoholischen Zuckerspaltung in Gegenwart von Schwefelwasserstoff und Cyanwasserstoff	238
Berichtigungen	245

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Emil Fischer
Gesammelte Werke

Herausgegeben
von
M. Bergmann

- Untersuchungen aus verschiedenen Gebieten.** Vorträge und
Abhandlungen allgemeinen Inhalts. 924 Seiten. 1924.
40.50 RM; gebunden 42 RM
- Untersuchungen über Triphenylmethanfarbstoffe, Hydra-
zine und Indole.** 889 Seiten. 1924. 39 RM; gebunden 40.50 RM
- Untersuchungen über Aminosäuren, Polypeptide und
Proteine I.** (1899—1906.) 782 Seiten. Unveränderter Neudruck.
1925. 48 RM; gebunden 51 RM
- Untersuchungen über Aminosäuren, Polypeptide und
Proteine II.** (1907—1919.) 932 Seiten. 1923.
29 RM; gebunden 32 RM
- Untersuchungen über Kohlenhydrate und Fermente I.**
(1884—1908). 920 Seiten. 1909. Unveränderter Neudruck. 1925.
57 RM; gebunden 60 RM
- Untersuchungen über Kohlenhydrate und Fermente II.**
(1908—1919.) 543 Seiten. 1922. 19 RM; gebunden 22 RM
- Untersuchungen über Depside und Gerbstoffe.** (1908—1919.)
547 Seiten. 1919. 21.80 RM
- Organische Synthese und Biologie.** Zweite, unveränderte
Auflage. 28 Seiten. 1912. 1 RM
- Neuere Erfolge und Probleme der Chemie.** 30 Seiten. 1911.
0.80 RM
- Untersuchungen in der Puringruppe.** (1882—1906.) 616 Seiten.
1907. 15 RM
- Aus meinem Leben.** Mit drei Bildnissen. 210 Seiten. 1922.
Gebunden 9.50 RM