

10. MAIRE, R., La Biologie des *Urédinales* (État actuel de la question). (Progr. Rei Bot., 1911, 109—162.)
11. MOREAU, Mme. FERNAND, Sur l'existence d'une forme écidienne uninuclée. (Bull. Soc. Mycol. France, 1911, 27, 489—493.)
12. MOREAU, F., Première note sur les *Mucorinées*. (Bull. Soc. Mycol. France, 1911, 27, 204—209.)
13. Ders., Deuxième note sur les *Mucorinées*. (Bull. Soc. Mycol. France, 1911, 27, 334—341.)
14. Ders., Les phénomènes intimes de la reproduction sexuelle chez quelques *Mucorinées* hétérogames. (Bull. Soc. Bot. France, 1911, 58, 618—623.)
15. SHARP, L. W., Nuclear phenomena in *Puccinia podophylli*. (Bot. Gaz., 1911, 51, 463—464.)
16. SMITH, A. L., Abstracts of papers on Fungi (bi-monthly) in Journ. Roy. Microscop. Soc.
17. VALLORY, M. J., Sur la formation du périthèce dans le *Chaetomium kunzeanum* var. *chlorinum* MICH. (Compt. Rend., 1911, 153, 1012—1014.)
18. WINGE, O., Encore le *Sphaerotheca Castagnei*. (Bull. Soc. Mycol. France, 1911, 27, 211—219.)

Die neueren Arbeiten betreffend die Chemie der Alkoholgärung.

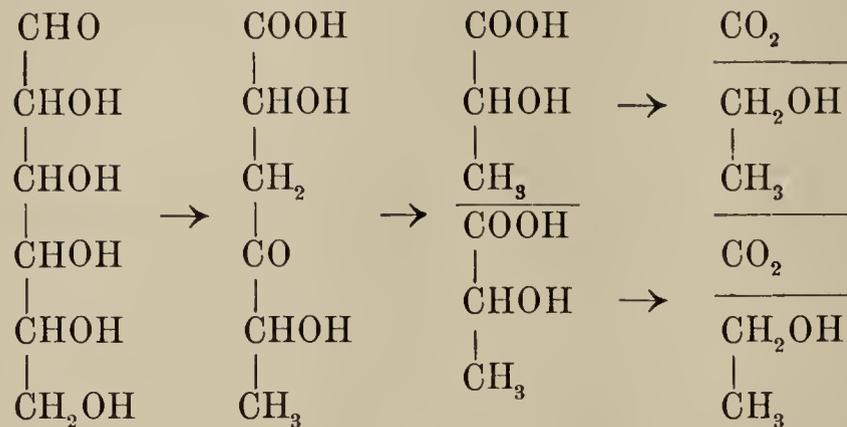
Von O. EMMERLING.

Die Lehre von der enzymatischen Spaltung des Zuckers bei der alkoholischen Gärung ist jetzt wohl allgemein anerkannt, ebenso die Tatsache, daß die BUCHNERSche Zymase allein nicht imstande ist, diesen Prozeß auszulösen, sondern daß dazu ein zweites Enzym, das sog. Co-Ferment, erforderlich ist. Während die Kenntnis der Zymase durch zahlreiche Untersuchungen näher gerückt wurde, weiß man über die chemische Natur des Co-Fermentes und seine Wirkungsweise noch außerordentlich wenig, wenig mehr, als daß es gegen siedendes Wasser widerstandsfähig und dialysierbar ist. Daß außerdem die Phosphorsäure bei dem Zerfall des Zuckers eine Rolle spielt, wird später in dieser historischen Skizze gezeigt werden.

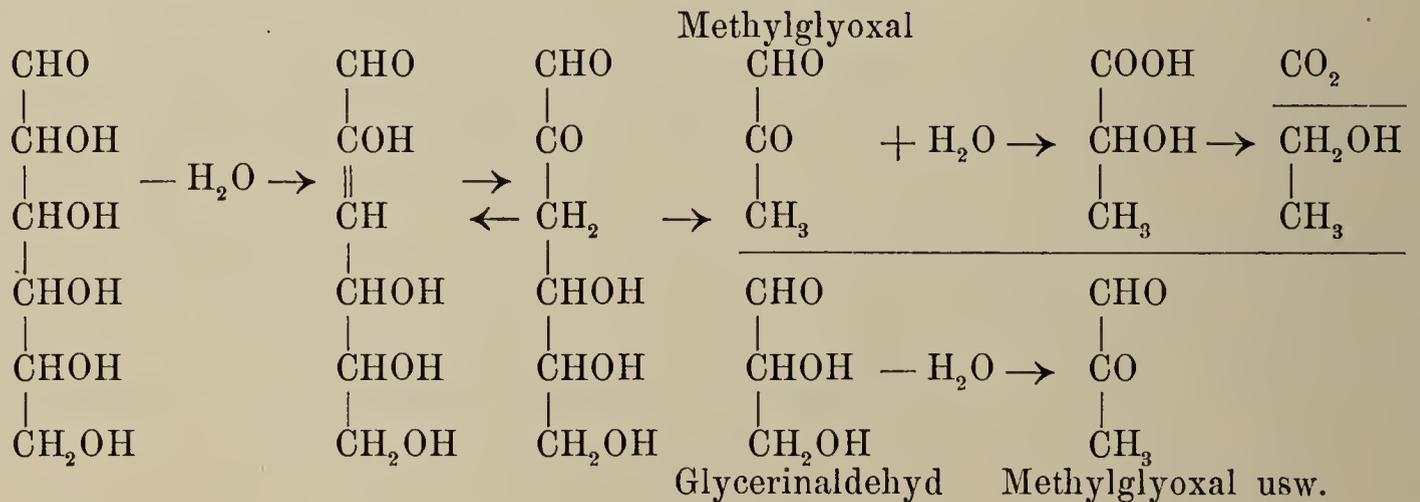
Alle gewonnenen Tatsachen, welche sich auf die Tätigkeit der genannten Faktoren beziehen, erklären aber noch in keiner Weise den eigentlichen chemischen Mechanismus der alkoholischen Gärung, und die mancherlei Erklärungsweisen sind bislang leider nichts als mehr oder weniger plausible Hypothesen geblieben.

Der älteste Erklärungsversuch von BAEYER (1), auf der LIEBIGschen Annahme fußend, daß die Hefe dem Zuckermolecül einen Anstoß zum Zerfall erteile, und darin gipfelnd, daß in diesem Molecül infolge der Abspaltung und Wiederanlagerung von Wasser eine Anhäufung des Sauerstoffes nach der Mitte der Kohlenstoffkette und damit eine Sprengung der letzteren stattfindet, ist zunächst von BUCHNER und MEISENHEIMER (2) acceptiert worden. Daß dabei vorübergehend Milchsäure gebildet würde, wurde von BAEYER nicht angenommen. Die Formulierung des Vorganges, wie sie den BUCHNERSchen Annahmen entspricht, und in welcher die intermediäre Entstehung von Milchsäure eine wesentliche Rolle spielt, hat

zunächst etwas Bestechendes, da vom chemischen Standpunkte Milchsäure ja nichts anderes als „Alcoholkohlenensäure“ ist. Der Mechanismus der Gärung gestaltet sich folgendermaßen:



Der Weg über die Milchsäure wurde fast allgemein dem Gärungsvorgang zugrunde gelegt, wenn auch vielfach nicht in der oben formulierten einfachen Weise. Vielmehr sind mehr oder weniger Zwischenglieder eingeschoben worden, deren Annahme auf Erfahrungen beruhten, welche bei ähnlichen Prozessen gewonnen worden waren, so daß das Gärungsproblem immerhin der realen experimentellen Grundlagen nicht entbehrte. Mit großem Geschick ist zunächst von WOHL (3) der Vorgang bei der alcoholischen Gärung erörtert und formuliert worden. Danach verläuft der Zuckerzerfall anders als BAEYER annahm. Fußend auf gewissen Beobachtungen, welche von ihm und ÖSTERLIN (4) bei dem Zerfall der Weinsäure in Oxalessigsäure gemacht worden waren, drückt WOHL den Mechanismus der Gärung folgendermaßen aus:



Man sieht, daß hier als vorletztes Product ebenfalls Milchsäure auftritt, daß jedoch der Zucker zunächst über einige nicht beständige Systeme in Methylglyoxal und Glycerinaldehyd zerfällt, Annahmen, welche wohl mit den chemischen Tatsachen vereinbar sind. So hatte PINKUS (5) bewiesen, daß bei Gegenwart von Alkali und Phenylhydrazin aus Traubenzucker das Osazon des Methylglyoxals entsteht, vorausgesetzt, daß PINKUS den Vorgang richtig gedeutet hat. Auch die Beobachtung von KNOOP und WINDAUS (6), daß aus Traubenzucker in ammoniakalischer Lösung Methylimidazol entsteht, ist ungezwungen so zu erklären, daß zuerst Methylglyoxal gebildet wird. Was den Glycerinaldehyd betrifft, so sind seine genetischen Beziehungen zum Methylglyoxal von WOHL dargelegt worden, in alcalischer Lösung liefert er in Gegenwart von Phenylhydrazin Methylglyoxalosazon. Auch der weitere Übergang des Ketoaldehyds in die entsprechende Oxysäure, also hier Milchsäure, entspricht durchaus den Erfahrungen, welche man in ähnlichen Fällen gemacht hat.

Die Annahme von der intermediären Bildung von Milchsäure, sei es auf die eine oder andere Weise, schien durch mancherlei sonstige Erfahrungen gestützt zu werden. Wir erwähnen hier besonders die Beobachtung DUCLAUX' (7), daß, wenn er Traubenzuckerlösungen mit Alcalien oder Erdalcalien unter aseptischen Bedingungen dem Sonnenlichte aussetzte, je nach den Versuchsanordnungen entweder Milchsäure oder Alcohol und Kohlensäure entstanden. Ausschlaggebend erschien aber besonders der Umstand, daß BUCHNER und MEISENHEIMER bei der alcoholischen Gärung stets geringe Mengen von Milchsäure nachgewiesen haben wollten, welche sie entgegen der Annahme SLATORS (8) nicht als Neben-, sondern als Zwischenproduct deuteten. Diese Milchsäure war stets die inactive Form, ein Umstand, der dafür sprach, daß sie nicht direct aus dem asymmetrisch gebauten Traubenzuckermolecül, sondern aus einem Körper ohne asymmetrische Kohlenstoffatome, wie Methylglyoxal, gebildet sei. Jetzt begannen auch BUCHNER und MEISENHEIMER die WOHL'schen Annahmen zu diskutieren. Zunächst lag es nahe zu untersuchen, ob nun auch eines der angenommenen Zwischenglieder, wie Milchsäure oder Glycerinaldehyd und Methylglyoxal einerseits mit Sicherheit bei der Gärung nachzuweisen sein, andererseits ob sie von Hefe vergoren werden. Was die Milchsäure betrifft, so hatte bereits SLATOR ihre Unvergärbarkeit durch Hefe nachgewiesen (Bakterien greifen sie ja vielfach an). Sie verschwindet allerdings, aber nur bei Luftzutritt, so daß wohl eine einfache Oxydation anzunehmen ist. Jetzt ließen BUCHNER und MEISENHEIMER die Milchsäure als Zwischenproduct fallen; es spricht auch gegen eine solche Annahme, daß sich der Übergang der Milchsäure in Alcohol und Kohlensäure unter Wärmeaufnahme vollziehen müßte. Bleiben Glycerinaldehyd und Methylglyoxal. Weder die eine noch die andere Substanz ist aus Gärungsgemischen isoliert worden; möglich, daß sie sofort nach ihrer Entstehung weiter angegriffen wurden; sie müßten in diesem Falle von Hefe oder Hefepreßsaft vergoren werden. Derartige Versuche lagen bereits vor, als BUCHNER und MEISENHEIMER neue Experimente anstellten. MAYER (9) sowohl wie WOHL (10) konnten nur negative Resultate konstatieren; dasselbe fanden BUCHNER und MEISENHEIMER. Was Glycerinaldehyd betrifft, so fanden ihn WOHL und EMMERLING (11) durch Hefen unvergärbar. Wenn gegenteilige Beobachtungen von FISCHER und TAFEL (12) vorlagen, so muß bemerkt werden, daß das von ihnen untersuchte Oxydationsproduct des Glycerins, die Glycerose, aus einem Gemisch von Glycerinaldehyd und Dioxyaceton bestand. Aus diesem Grunde wurde von EMMERLING auch das reine, durch BERTRANDS Methode leicht zugängliche Dioxyaceton untersucht, aber ebenfalls mit negativem Ergebnis, so daß damals die Annahme gerechtfertigt war, daß, wenn die Glycerose vergoren werde, sie bei längerem Stehen in höherer Temperatur eventuell in einen vergärbaren Zucker übergehe.

Gegen die Unvergärbarkeit des Dioxyacetons scheinen die Versuche BERTRANDS (13) zu sprechen, ebenso will JENSEN eine Vergärung beobachtet haben, aber in letzterem Falle waren die Mengen des gebildeten Alcohol und der Kohlensäure doch so gering, daß die Versuche keine Beweiskraft besitzen.

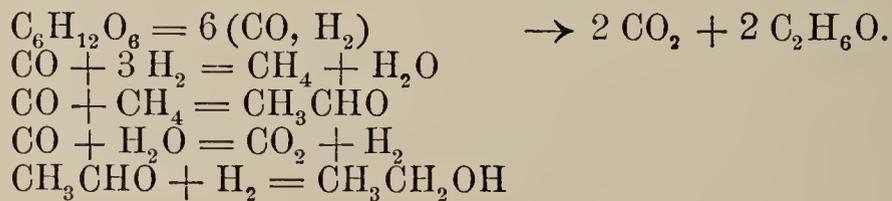
Neuere Untersuchungen von BUCHNER und MEISENHEIMER haben nun aber sicher ergeben, daß auch Glycerinaldehyd, welcher auf Hefe und Hefepreßsaft eine stark verzögernde Wirkung ausübt, doch schwach

vergärbar ist; daß Dioxyaceton aber, mit dessen intermediärer Bildung sie jetzt rechnen, unter geeigneten Bedingungen bis zu 90 % vergoren wird. Die negativen Versuche von früher sowohl wie die neueren von SLATOR, welcher die Unvergärbarkeit des Dioxyacetons feststellen zu müssen glaubte, schieben sie auf den Umstand, daß die Gärung, welche besonders im Anfang eine sehr schwache ist, nicht lange genug fortgesetzt wurde; auch wirken lebende Hefen viel langsamer als Hefepreßsaft und dieser auch nur, wenn ihm Kochsaft, also Koenzym, zugesetzt wird.

Eine Isolierung des Dioxyacetons aus Gärgemischen ist bis jetzt nicht gelungen. Zwar machte BOYSEN-JENSEN (14) dahingehende Angaben, aber, nachdem bereits von seiten EULERS und FODORS (15) auf die Unzulänglichkeit dieser Versuche hingewiesen worden war, wiesen BUCHNER und MEISENHEIMER (16) nach, daß ihm ohne Zweifel recht grobe Täuschungen untergelaufen sind.

Nicht unerwähnt mag bleiben, daß noch andere Körper als Zwischenproducte angenommen worden sind. So meint KUSSEROW (17), die Glucose werde zunächst zu Sorbose reduciert und diese vergoren, er, sowie GRÜSS (18) und PALLADIN (19) rechnen mit einer in der Hefe vorhandenen Reductase. KOHL (20) schreibt dem Glycogen eine wesentliche Rolle zu. Alle diese Hypothesen haben in weiteren Kreisen Beachtung nicht gewinnen können.

Eingehend hat sich mit dem Problem LÖB (21) beschäftigt. Nachdem er zuerst einen Zuckerabbau über Glycerinaldehyd, Glycolaldehyd und Formaldehyd angenommen hatte, änderte er, da keiner dieser Körper nachgewiesen werden konnte, seine Ansicht dahin, daß er eine Entpolymerisation des Zuckers durch Enzyme und darauf Zerfall in labile Reste (CO , H_2) stattfinden läßt, deren beständige Form der Formaldehyd ist. Zwischen diesen Resten findet eine Synthese zu CO_2 und Alcohol statt.



Wenn auch gelegentlich kleine Mengen von Formaldehyd bei der alcoholischen Gärung mit Preßsaft aufgefunden worden sind, so kann ein solches vereinzelt Vorkommen doch keine Stütze der Löbschen Annahme sein.

Eine Bedeutung scheint neuerdings die bereits vor 6 Jahren von SCHADE (22) vertretene Hypothese wieder zu erhalten, daß durch irgendwelche katalytisch wirkende Agentien Zucker zunächst in Ameisensäure und Acetaldehyd gespalten werde ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 2\text{C}_2\text{H}_4\text{O} + 2\text{CH}_2\text{O}_2$), ein Vorgang, welcher analog der Spaltung des Zuckers in alcalischer Lösung durch Wasserstoffsperoxyd verläuft, welchen Nachweis bereits FRAMM, wenn auch nicht vollständig, geliefert hatte. Es gelang SCHADE auch, diese Producte weiter in Alcohol und Kohlensäure überzuführen. BUCHNER und MEISENHEIMER, welche die Versuche SCHADES wiederholten, kamen allerdings zu teilweise abweichenden Resultaten und verneinen, daß diese Oxydationsvorgänge mit der alcoholischen Gärung in Parallele gestellt werden können. Man hätte ja wiederum an die Milchsäure als intermediäres Product denken können, denn durch Alkali wird aus verschiedenen Hexosen Milchsäure gebildet, deren weiterer Zerfall in

Ameisensäure und Acetaldehyd leicht verständlich ist. Das Auftreten von Aldehyd bei der alcoholischen Gärung ist wiederholt mit seiner intermediären Bildung in Zusammenhang gebracht worden. Was die Ameisensäure betrifft, so kann man annehmen, daß sie in Kohlensäure und Wasserstoff zerfällt, welcher letzterer den Acetaldehyd zu Alcohol reduciert. Eine Stütze dieser Theorie schien eine von FRANZEN und STEPPUHN (23) erschienene Arbeit zu bringen, welche den Nachweis lieferte, daß einzelne Hefearten Ameisensäure sowohl bilden als vergären und daß dieser Prozeß ein enzymatischer ist. Sie erachten es als erwiesen, daß Ameisensäure als Zwischenkörper beim Zerfall des Zuckers in Alcohol und Kohlensäure auftritt. BUCHNER und MEISENHEIMER (24) betonen demgegenüber, daß die Mengen der gebildeten resp. vergorenen Ameisensäure immer nur sehr gering gewesen sein, und daß man die gebildete ebenso gut als Nebenproduct ansehen könne, d. h. als durch eine ganz besondere Einwirkung der Hefe auf Zucker entstanden.

Neuerdings ist die Frage, ob Acetaldehyd beim Zuckerzerfall eine Rolle spielt, wieder durch eine Arbeit KOSTYTSCHIEWS (25) in Fluß geraten. Er fand, daß sehr geringe Mengen Zinkchlorid die Kohlensäureproduction des „Hefenols“ sehr stark hemmen, und daß, wenn man in Gegenwart von Zinkchlorid vergorene Zuckerlösungen destilliert, das Destillat starke Aldehydreaction zeige. Es scheint somit, daß gewisse Salze die Anhäufung der intermediären Producte begünstigen. Daß bei den Versuchen Acetaldehyd vorliegt, wurde experimentell bewiesen. Allerdings fielen Reactionen auf Ameisensäure ebenfalls positiv aus, doch konnte noch kein einwandfreier Nachweis desselben erbracht werden. Es bleibt auch unentschieden, ob etwa zuerst Ketosäuren gebildet werden, von denen NEUBERG (26) nachwies, daß Hefe sie in entsprechende Aldehyde überführt. Sollte, wie es nach den Versuchen von FRANZEN und STEPPUHN scheint, wirklich Ameisensäure gebildet werden, so wäre die Möglichkeit gegeben, daß dieselbe mit Acetaldehyd im Sinne der CANNIZZAROSCHEN Reaction reagierte, oder daß sie, wie SCHADE annimmt, den Acetaldehyd direct reducierte. Das Schema $\text{CH}_3\text{COH} + \text{HCOOH} = \text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH} + \text{CO}_2$ bleibt jedenfalls nicht widerlegt.

Im wesentlichen gipfeln die augenblicklich ventilirten Hypothesen bei dem chemischen Mechanismus der alcoholischen Gärung demnach darin, daß die einen Dioxyaceton als Zwischenproduct annehmen, welches durch Hefe direct vergoren wird, die anderen den Zucker in Ameisensäure und Acetaldehyd zerfallen lassen, aus denen secundäre Kohlensäure und Alcohol gebildet werden. Für die Dioxyacetontheorie hat FERNBACH (27) eine Stütze gebracht, indem er nachwies, daß gewisse den Heubakterien nahestehende Spaltpilze aus Glycose Dioxyaceton bilden.

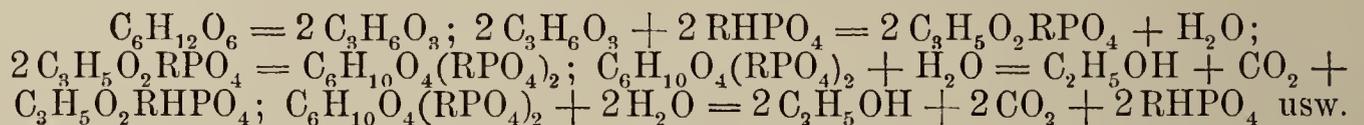
Die noch immer nicht klaren Verhältnisse wurden noch complicierter durch den Nachweis, daß nicht nur Zucker und Enzym eine wesentliche Rolle spielen, sondern daß auch der Phosphorsäure bei der alcoholischen Gärung eine große Rolle zukommt. Bekannt ist es ja, daß Gärungen durch Zusatz von phosphorsauren Salzen sehr gefördert werden. Die Rolle, welche dabei der Phosphorsäure zukommt, ist von verschiedenen Seiten studirt worden; sie liegt nicht in der von BUCHNER und MEISENHEIMER angenommenen alcalischen Reaction. HARDEN und YOUNG (28) nahmen die Bildung einer Verbindung des Zuckers mit Phosphorsäure und zwar eines Hexosediphosphorsäureesters an. IWANOFFS (29) Hypothese

läßt den Zucker depolymerisiert werden, wobei sich Phosphorsäure mit den Teilproducten unter Bildung eines Triosephosphates unter Mithilfe eines Enzyms, der Synthase, verbindet. Dieses Triosephosphat fällt der Wirkung der Alcoholase anheim. EULER und FODOR (30) wiesen nach, daß sich sowohl eine Hexosediphosphorsäure wie eine Triosemonophosphorsäure $C_3H_5O_3 PO_4KH$ bildet.

Solche Zuckerphosphorsäureester sind wiederholt isoliert worden.

Damit wird die Frage nach der Natur des Triose natürlich nicht entschieden. v. LEBEDEW (31) nimmt an, daß sowohl aus Glucose wie Dioxyaceton derselbe Phosphorsäureester — Hexosebiphosphat — entsteht, daß in letzterem Falle eine Condensation stattfindet; andererseits wird in nicht recht klarer Weise die Annahme gemacht, daß Glucose erst in Dioxyaceton übergeht, dieses in seinen Phosphorsäureester, dieser in Hexosephosphorsäureester, für welche höchst complicierten Vorgänge, wie BUCHNER mit Recht sagt, keine Beweise vorliegen. Ferner soll nach LEBEDEW diese aus Dioxyaceton, Glucose, Fructose, Mannose gebildete Hexose Acrose, also inactive Fructose sein. Damit aber stimmt die Tatsache nicht überein, daß Dioxyaceton und die übrigen vollständig vergären, während racemische Zuckerarten doch nach allen Erfahrungen nur zur Hälfte vergären können.

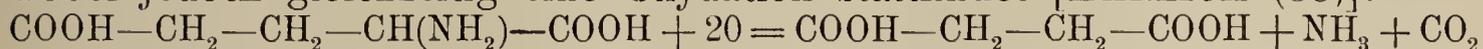
Nach v. LEBEDEWS Hypothese sollte sich der Zuckerzerfall ungefähr nach folgendem Schema vollziehen:



Indem wir eine Reihe von Arbeiten, welche rein theoretisches Interesse besitzen, ohne dem Wesen der chemischen Vorgänge bei der alkoholischen Gärung durch Versuche näher zu kommen, übergehen, erübrigt es, noch einiges über die bei diesem Vorgang entstehenden Nebenproducte zu sagen. Die Erklärung ihrer Entstehung ist zum großen Teil experimentell gelungen. Die höheren Alkohole, die sog. Fuselöle, schrieb man größtenteils der Wirkung von Bakterien auf Zucker resp. in den Gärflüssigkeiten enthaltene Stoffe zu. Es unterliegt auch keinem Zweifel und ist experimentell erwiesen, daß gewisse höhere Alkohole, wie Isopropyl-, Isobutyl- und normal-Butylalcohol von Bakterien erzeugt werden [EMMERLING (32), PRINGSHEIM (33) u. a.]. Dagegen gelang es nicht, bei solchen Bacteriengärungen die eigentlichen Fuselöle, d. h. Amylalcohol, aufzufinden. Ehe die Arbeiten von EMMERLING und PRINGSHEIM beendet waren, veröffentlichte F. EHRLICH (34) seine Versuche, nach welchen diese Fuselöle Producte der Vergärung von Aminosäuren durch Hefe selbst sind. Der wesentliche Bestandteil der Gärungsfuselöle besteht aus Isoamylalcohol $(CH_3)_2 = CH - CH_2 - CH_2OH$ und dem Isomeren $\begin{matrix} CH_3 \\ | \\ C_2H_5 > CH - CH_2OH \end{matrix}$. Nach EHRLICH entsteht ersterer nun aus Leucin $(CH_3)_2 = CH - CH_2 - CH(NH_2)COOH$ durch Abspaltung von Ammoniak und Kohlensäure, letzterer in derselben Weise aus Isoleucin $\begin{matrix} CH_3 \\ | \\ C_2H_5 > CH - \\ | \\ CH(NH_2) - COOH \end{matrix}$, indem die Elemente des Wassers aufgenommen werden. Beide Leucine sind Spaltungsproducte der Eiweißstoffe, welche die Hefenzelle enthält. In ähnlicher Weise spaltet Hefe auch andere Aminosäuren. Enthalten letztere ein oder mehrere asymmetrische Kohlenstoff-

atome, so wird der herrschenden Theorie entsprechend nur die eine Hälfte der racemischen Form, die l-Form, vergoren, wie beim Isoleucin, aus welchem d-Amylalcohol entsteht. Die Vergärung gelingt nicht mit Hefepreßsatt, ist also an das Leben der Hefe geknüpft, und bedarf der gleichzeitigen Gegenwart gärbaren Zuckers.

Die Entstehung der Bernsteinsäure ist in ganz gleicher Weise auf eine Vergärung einer Aminosäure, der Glutaminsäure, zurückzuführen, wobei jedoch gleichzeitig eine Oxydation stattfindet [EHRlich (35)]:



Was das Glycerin betrifft, so gehen die Ansichten über seine Entstehung noch auseinander. Es kann aus Fettkörpern stammen oder aus Nucleinen, es kann aber auch — und dies liegt am nächsten — aus Dioxyaceton gebildet werden, vorausgesetzt, daß man dessen intermediäre Existenz annimmt.

Literatur.

1. BAEYER, Ber. Chem. Ges., **3** (1870), 63.
2. BUCHNER und MEISENHEIMER, Ber. Chem. Ges., **37** (1904), 417; **38** (1905), 620; **39** (1906), 3201; **43** (1910), 1773.
3. WOHL. In LIPPMANN, „Die Chemie der Zuckerarten“.
4. WOHL und OESTERLIN, Ber. Chem. Ges., **34** (1901), 1139.
5. PINKUS, Ber. Chem. Ges., **31** (1898), 31.
6. WINDAUS und KNOOP, Ber. Chem. Ges., **38** (1905), 1166.
7. DUCLAUX, Compt. Rend., **103** (1886), 881.
8. SLATOR, Journ. Chem. Soc., **89** (1906), 128. — Ber. Chem. Ges., **40** (1907), 123. — Journ. Chem. Soc., **93** (1908), 217.
9. MAYER, P., Biochem. Zeitschr., **2** (1907), 435.
10. WOHL, Ber. Chem. Ges., **31** (1898), 1796. — Ber. Chem. Ges., **40** (1907), 2282. — Biochem. Zeitschr., **5** (1907), 45. — Ber. Chem. Ges., **41** (1908), 3599.
11. EMMERLING, Ber. Chem. Ges., **32** (1899), 542.
12. FISCHER und TAFEL, Ber. Chem. Ges., **21** (1888), 2634; **22** (1889), 106.
13. BERTRAND, Ann. Chem. Phys., **3** (1904), 181.
14. BOYSEN-JENSEN, Dissertation, Kopenhagen 1910.
15. EULER und FODOR, Biochem. Zeitschr., **36** (1911), 402.
16. BUCHNER und MEISENHEIMER, Ber. Chem. Ges., **45** (1912), 1633.
17. KUSSEROW, Centralbl. f. Bact., II, **26** (1910), 184.
18. GRÜSS, Zeitschr. f. Ges. Brauerei, **27** (1904), 689.
19. PALLADIN, Zeitschr. Physiol. Chem., **56** (1908), 81.
20. KOHL, Zeitschr. f. Brauereiwesen, **32** (1909), 406.
21. LÖB, Zeitschr. f. Electrochemie, **12** (1906), 282; **13** (1907), 511. — Biochem. Zeitschr., **29** (1910), 311.
22. SCHADE, Zeitschr. Physiol. Chem., **57** (1906), 1; **60** (1907), 510. — Biochem. Zeitschr., **7** (1908), 299.
23. FRANZEN und STEPPUHN, Ber. Chem. Ges., **44** (1911), 2915. — Zeitschr. Physiol. Chem., **77** (1912), 129.
24. BUCHNER und MEISENHEIMER, Ber. Chem. Ges., **45** (1912), 1635.
25. KOSTYTSCHEW, Ber. Chem. Ges., **45** (1912), 1289.
26. NEUBERG, Biochem. Zeitschr., **31** (1911), 170; **32** (1911), 323; **36** (1911) 60, 68, 76.
27. FERNBACH, Compt. Rend., **151** (1910), 1004.
28. HARDEN und YOUNG, Proc. Chem. Soc., **21** (1905), 189. — Proc. Roy. Soc. B. **80** (1908), 299. — Centralbl. f. Bact., II, **26** (1910), 178. — Proc. Roy. Soc. B. **82** (1910), 321.
29. IWANOFF, Centralbl. f. Bact., II, **24** (1909), 1.
30. EULER und FODOR, Chem. Centralbl., 1911, II, 1875.
31. v. LEBEDEW, Ber. Chem. Ges., **44** (1911), 2932.
32. EMMERLING, Ber. Chem. Ges., **37** (1904), 3535; **38** (1905), 953.
33. PRINGSHEIM, Ber. Chem. Ges., **38** (1905), 486. — Biochem. Zeitschr., **10** (1908), 490; **16** (1909), 243.
34. EHRlich, Zeitschr. d. Ver. Rübenzuckerindustr., 1905, 539. — Ber. Chem. Ges., **39** (1906), 4072.
35. EHRlich, Biochem. Zeitschr., **18** (1909), 391.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mycologisches Centralblatt. Zeitschrift für Allgemeine und Angewandte Mycologie](#)

Jahr/Year: 1912

Band/Volume: [1](#)

Autor(en)/Author(s): Emmerling O.

Artikel/Article: [Die neueren Arbeiten betreffend die Chemie der Alcoholgärung 267-273](#)