

man bislang annehmen musste, eine Ausnahme von der allgemeinen Regel bilden.

Tübingen, den 28. Februar 1874.

### 91. Oscar Brefeld: Untersuchungen über Alkoholgährung.

(Eingegangen am 3. März; verl. in der Sitzung von Hrn. Oppenheim.)

In diesen Berichten (VII. Jahrgang, No. 3) findet sich eine kurze Besprechung meiner Untersuchungen über Alkoholgährung, welche ich in einem Vortrage in der physikalisch-medicinischen Gesellschaft in Würzburg im Juli 1873 und in einer ausführlichen Abhandlung in den landw. Jahrbüchern (III. Jahrgang, I. Heft) mitgetheilt habe. Sie giebt mir die Veranlassung, die Hauptergebnisse meiner Untersuchungen der Gesellschaft in kurzer Fassung zur Kenntniss zu bringen.

1) Die Alkoholhefe „*Saccharomyces*,“ welche in Flüssigkeiten, vorzugsweise in zuckerhaltigen Pflanzensäften, lebt, hat zu ihrer vegetativen Entwicklung und Vermehrung die Mitwirkung des freien Sauerstoffs in der gleichen Weise nöthig, wie alle andern Pflanzen.

2) Bei Luftabschluss, beim Abschluss von freiem Sauerstoff, kann die Hefe in ihren Nährlösungen nicht wachsen und sich vermehren.

Durch diese zwei, über jeden Zweifel hinaus sicher gestellten Thatsachen sind die Theorien Pasteur's über die Alkoholgährung einfach und natürlich widerlegt. Pasteur meinte, dass die Hefe im Gegensatze zu allen anderen Organismen die Fähigkeit besitze, statt des freien Sauerstoffes den gebundenen Sauerstoff aus sauerstoffreichen Verbindungen (wie z. B. Zucker) für ihre Entwicklung und Vermehrung zu entnehmen, und er gründet auf diese von ihm der Hefe zuerkannte, in der Wirklichkeit aber garnicht existirende Eigenthümlichkeit der Hefe „vom gebundenen Sauerstoff vegetiren und wachsen zu können“ seine durchaus unrichtige Theorie der Alkoholgährung.

3) Die Hefe hat aber im Gegensatze zu den anderen Pflanzen eine höchst bemerkenswerthe Eigenschaft. Sie ist, wenn sie sich in Nährlösungen befindet, wo sie wachsen kann, durch eine grosse Anziehung zum freien Sauerstoff ausgezeichnet. Sie vermag in einem kleinen Tröpfchen Nährlösung zu wachsen, welches ganz von Kohlensäure umgeben ist, die weniger als  $\frac{1}{1000}$  Volumen freien Sauerstoff enthält, und aus dieser den Sauerstoff vollständig aufzuzähren. (Die Hefe ist durch diese Eigenschaft als ein äusserst feines Reagens auf freien Sauerstoff anzusehen.)

4) Diese Anziehung zum freien Sauerstoff, diese Fähigkeit der Hefe, den freien Sauerstoff in ihren Nährlösungen schnell und vollständig zu ihrer Entwicklung an sich zu ziehen, kommt unter allen anderen Pflanzen nur noch einem Schimmelpilze — dem *Mucor racemosus* — zu, von dem es bekannt ist, dass er ebenso, wie die Hefe, Alkoholgährung in Zuckerlösungen zu erregen vermag.

5) Durch die starke Anziehung der wachsenden Hefe zum freien Sauerstoff, verbunden mit ihrer Eigenthümlichkeit, in Flüssigkeiten zu leben, sehr schnell zu wachsen und sich zu vermehren, tritt in den flüssigen Medien, worin die Hefe wächst und sich vermehrt, leicht und schnell die Verzehrung und Mangel an freiem Sauerstoff und damit die Erscheinung der Gährung durch Hefe ein.

6) Beide Vorgänge, Wachstum und Vermehrung der Hefezellen ohne Gährung und ausschliessliche Gährung ohne Wachstum und Vermehrung, lassen sich leicht und sicher von einander trennen. Unter den geeigneten Umständen, bei normaler Ernährung, und Sauerstoffzufuhr, wächst und vermehrt sich die Hefe, ohne Gährung zu erregen; in einer Zuckerlösung dagegen bei vollkommenem Luftabschluss gährt sie, ohne zu wachsen und sich zu vermehren, indem sie bis zu ihrem Tode eine enorme Menge von Zucker in die bekannten Factoren spaltet, unter bedeutender Gewichtsabnahme ihrer eigenen Substanz. (Die bei dem letzten Vorgange abgeschiedene und unter geeigneten Vorsichtsmassregeln gewonnene Kohlensäure ist von einer Reinheit, wie sie sonst nicht gewonnen werden kann; in jedem anderen Falle liessen sich durch das sehr empfindliche Reagenz der wachsenden Hefezellen spurenweise Beimengungen von Luft, resp. von freiem Sauerstoff mikroskopisch-analytisch in der Kohlensäure nachweisen.)

7) In den Nährlösungen für Hefe, welche (z. B. in den Brauereien) in der Technik angewendet werden, welche mit ihrer Oberfläche der Luft ausgesetzt sind, erfolgt Wachstum und Vermehrung der Hefe und Gährung an verschiedenen Stellen der Flüssigkeit nebeneinander, die Gährung dort, wo der freie Sauerstoff verzehrt ist, das Wachstum dort, wo er noch vorhanden und von Neuem zutreten kann.

8) Die Gährung ist der Ausdruck eines anormalen, unvollkommenen Lebensprozesses, bei welchem die zur Ernährung der Hefe nothwendigen Stoffe — Zucker, stickstoffhaltige und mineralische Bestandtheile und freier Sauerstoff — nicht alle gleichzeitig und harmonisch zusammenwirken zum Wachstum der Hefe. Der hierbei allein oder im Missverhältniss zu den übrigen Nährstoffen aufgenom-

mene Zucker wird von der lebenden Hefezelle, in Kohlensäure und Alkohol u. s. w. zersetzt, wieder ausgeschieden.

9) Die Hefe vermag diesen anormalen Lebensprozess unter langsamer Abschwächung ihrer Lebenskraft wochenlang fortzusetzen. Allmählich gährt sie sich zu Tode, wenn der Zuckergehalt der Nährlösung weiter reicht, als ihre Lebenskraft. Ist dies nicht der Fall, der Zucker der Nährlösung verzehrt, aber die Kraft der Hefe nicht erschöpft, so vermag sie wenigstens 9 Monate lebenskräftig in der Flüssigkeit auszudauern.

Aus den oben hervorgehobenen Lebenseigenthümlichkeiten der Hefe: 1) in Flüssigkeiten zu leben und 2) aus diesen den freien Sauerstoff schnell und vollständig aufzunehmen, geht ganz natürlich hervor, dass sie vor allen anderen Organismen durch die Fähigkeit ausgezeichnet ist, sich selbst in anormale Lebensverhältnisse zu bringen und unter langsamem Absterben Gährung zu erregen. In wie weit es nunmehr möglich wird, durch Anwendung geeigneter Mittel die im Prinzip gleiche Erscheinung der Gährung bei anderen lebenden Pflanzen künstlich hervorzurufen, werde ich demnächst der Gesellschaft mitzutheilen mir erlauben.

Die Resultate der Untersuchung sind für die Technik von grösster Tragweite; sie werden es möglich machen, dieselbe aus den Windeln der Empirie zu befreien und in rationelle Bahnen zu leiten, Missbräuche abzuschaffen (unter welchen z. B. ein Lüften des Mostes während der Gährung, wie ich nachdrücklich in meiner Arbeit betont habe, in erster Linie steht) und Neuerungen und Verbesserungen einzuführen.

Die von Hrn. J. Moritz erhobenen Einwendungen und die Deutung seiner beiden Versuche gegenüber den hier mitgetheilten, im Wege neuer und wissenschaftlich exacter Methode gefundenen Thatsachen beweisen, dass derselbe meine Arbeiten ebenso oberflächlich gelesen, als unrichtig verstanden hat. Ich würde sie ignorirt haben, wenn ich sie nicht in einer wissenschaftlich so hochstehenden Zeitschrift, wie diese Berichte sind, angetroffen hätte und darum annehmen durfte, in der Mittheilung des wahren Sachverhaltes, unter Hinweis auf meine ausführlichen Publicationen, dem Interesse der Zeitschrift und ihres zahlreichen Leserkreises zu dienen.

Würzburg, botanisches Institut, den 26. Februar 1874.