

wahrscheinlich, dass für die Bildung der Sulfate der Schwefel von einem während der Keimung aus Eiweiss abgespaltenen Atomkomplex geliefert wird. Ob dieser Atomkomplex Cystin ist, soll noch von uns untersucht werden.

Das Studium des Abbaues der primären Eiweisszeretzungsprodukte im pflanzlichen Stoffwechsel ist, wie hier kaum hervorgehoben zu werden braucht, keine leichte Aufgabe, und es wird in manchen Fällen kaum gelingen, die Frage nach der Herkunft der Abbauprodukte mit Sicherheit zu beantworten. Es ist daher auch nicht zu erwarten, dass unser Wissen auf diesem Gebiete rasche Fortschritte macht.

Zürich, im Januar 1903.

10. C. Wehmer: Über Zersetzung freier Milchsäure durch Pilze.

Eingegangen am 27. Januar 1903.

Auf gewissen freie Milchsäure enthaltenden Flüssigkeiten (saure Milch, Gurkenbrühen, Sauerkrautbrühen) erscheinen bekanntlich fast regelmässig nach kurzer Zeit weisse Schimmel- oder Kahmhautbildungen, die bald aus *Oidium lactis*, bald aus Hefen oder auch einem Gemenge beider zusammengesetzt sind. Über die Beziehungen dieser Organismen, welche sowohl von der Oberfläche der Vegetabilien wie direkt aus der Luft stammen, zu der Milchsäure fehlen Ermittlungen bislang fast ganz.

Anlässlich des näheren Verfolges der Sauerkrautgärung fiel mir in verschiedenen Gärversuchen ein rapider Rückgang der Säure auf und zwar immer erst von dem Zeitpunkte an, wo die Oberfläche der gärenden Krautbrühe sich mit Kalm zu bedecken pflegt. Auch in den Sauerkrautfabriken sind übrigens diese oberflächlichen Pilzbildungen nach eigener Feststellung ein ganz regelmässiger Begleiter der Krautgärung. Von dem Erscheinen der Kahmhaut an datierte also die Aciditätsabnahme, ihre Schnelligkeit wuchs merklich mit Steigerung der Temperatur, sodass bei Zimmertemperatur wenige Wochen zur völligen Entsäuerung der Brühe (0,8—1,2 pCt. Milchsäure) hinreichten. Andererseits liess sich diese durch Aufkochen des sauren Saftes (Kolben mit Watteverschluss) ohne weiteres verhindern. Die der Bakteriensäuerung erfolgreich entgegenwirkende Erscheinung bedurfte der Aufklärung, wahrscheinlich war nach allem eine kausale

Beziehung zwischen Säureverschwinden und Hautbildung¹⁾, zutreffendenfalls frug sich, welcher von den Hautorganismen hier in Frage kam.

Die Deckenbildungen der Krautbrühen setzen sich so gut wie ausschliesslich aus drei Arten von Organismen zusammen: *Oidium lactis* und zwei Kahlhefen, von denen bald dieses, bald jenes überwiegt. Nach Isolierung wurden alle drei auf ihr Verhalten gegenüber freier Milchsäure geprüft, wozu 1 Vol.-pCt. konzentrierte Milchsäure²⁾ (= 1,215 Gewichtsprozent) den mit Platinöse beimpften Nährlösungen (alte verdünnte sterilisierte Krautbrühe) zugesetzt wurde. Die nebenbei zum Vergleich mit einer untergärigen Hefe angestellten Versuche ergaben schon in kurzem ein schlagendes Resultat. Alle drei Organismen entsäuerten 1,2 prozentige (1 Vol.-pCt.) Milchsäurelösungen bei ca. 15° in weniger als zwei Wochen völlig und zwar ziemlich gleich energisch: Vergrößerung der Oberfläche beschleunigte den im wesentlichen wohl als Oxydation anzusprechenden Vorgang merklich, sodass da in der gleichen Zeit unter übrigens denselben Bedingungen das Doppelte der zugesetzten Säure verschwindet.

Die gleichen Versuche habe ich mit nichtsterilisierter Kohlbrühe wiederholt, auch hier wurde Milchsäure in der Gabe von 1,215 g auf 100 ccm Flüssigkeit mit der gleichen Schnelligkeit durch die alsbald erscheinenden hellen Kahlhäute zersetzt. Die Brühe wird dabei überall nicht bloß völlig entsäuert, sondern deutlich alkalisch (Lakmus schwach bläuernd), gerade wie das auch alte Sauerkrautbrühen zeigen; die Säure verschwindet spurlos.

Seine Optimaltemperatur hat der Vorgang anscheinend bei mittleren Wärmegraden, wo auch das Wachstumsoptimum der drei Pilze liegt; im Brutschrank oberhalb 33° gehen sie bald zu Grunde. Träge verläuft Wachstum wie Entsäuerung einige Grade über Null. Die Wärmeansprüche der Pilzarten sind nur geringe, auch bei 6—8° gedeihen sie noch auf den Bottichen der Sauerkrautfabriken; schon die erhebliche Flüssigkeitstiefe bei beschränkter Oberfläche lässt die nachteilige Wirkung hier zwar weniger hervortreten, da aber fraglos

1) Für Gurkenbrühen wurde von ADERHOLD (Untersuchungen über das Einsäuern von Früchten und Gemüsen, I. Landw. Jahrbücher 1899, S. 122) das gleiche vermutet; *Bacterium coli* wirkt nach demselben nachweislich milchsäurezerstörend, ebenso erwähnt derselbe kurz eine aus Gurkenbrühe isolierte *Mycoderma*, bei der HEINZE Milchsäureverarbeitung konstatierte. Dass das vielgenannte und auch mehrfach studierte *Oidium lactis* in dieser Richtung bislang nicht geprüft ist, erscheint fast auffällig, in dem Verdacht steht er jedenfalls schon lange (saure Milch). Im Most ist Säurezerstörung durch Kahlhefen von MEISSNER beobachtet. Landw. Jahrb. 30, 1901, 497.

2) Ein Teil derselben dürfte auch durch die im Stoffwechsel entstehenden alkalischen Umsatzprodukte der Brühe (Ammoniakverbindungen) neutralisiert werden.

die allmähliche Entsäuerung und das ihr folgende Verderben des Sauerkrauts allein ihr Werk ist, so sollte dem Umsichgreifen doch möglichst entgegengewirkt werden. Heute beachtet der Praktiker sie überhaupt nicht, im unklaren über ihren Charakter lässt er sie zu dicken graugelblichen Decken auf den Gärbottichen anwachsen und diese monatelang damit bedeckt.

Das Säureverschwinden hängt allein von der oberflächlichen Luftvegetation (nicht von dem reichlichen aus den gleichen Organismen bestehenden Trub) ab, bei unbewegten Krautbrühen konstatiert man es zunächst direkt unter der Pilzdecke, hier wird die Brühe alsbald säurearm und neutral, während tiefere Schichten noch volle Acidität haben; beim Säureverfolg durch Titrieren (Probenahme) ist darauf wohl zu achten, denn die Säureoxydation leistet bei 12° schon in wenigen Tagen erhebliches. Das sei hier durch einige Beispiele näher belegt:

1. *Oidium lactis* Fres.

Wächst auf Nährlösungen mit 1 pCt. Milchsäure ausgesät in drei Tagen zu einer zarten Haut, in sieben Tagen zu einer kräftigen weissen Decke heran¹⁾.

Versuch 1: 40 *ccm* sterile Nährlösung (neutralisierte verdünnte alte Krautbrühe) mit Zusatz von 0,4 *ccm* konzentrierter Milchsäure. Watteverschluss, ERLÉNMEYER-Kolben, Impfung mit Reinkultur, (Platinöse). Nach 7 Tagen volle Pilzdecke, nach 10 Tagen ist alle Säure verschwunden, die Nährlösung bläut jetzt rotes Lakmus deutlich. —

Versuch 2: Dieselbe Anordnung mit gleichem Verlauf; nach 10 Tagen ist keine freie Säure mehr nachweisbar.

2. *Kahmhefe* I. (*Saccharomyces Mycoderma* I).

Die Art bildet dichte gefaltete kreidigweisse Häute, ihr Verhältnis zu den anderen „Kahmhafen“ steht noch dahin²⁾. Regelmässig auf den Krautbrühen auftretend, Zellform kuglig.

Versuch: 40 *ccm* Nährlösung mit Zusatz von 0,4 *ccm* konzentrierter Milchsäure, auch anderes wie vorher. — Vom 4. Tage ab beginnende Hautbildung, nach 7 Tagen weisse zarte Decke, nach 10 Tagen ist die Nährlösung säurefrei und bläuet Lakmus schwach.

1) Wo nicht das Gegenteil bemerkt, gilt für alle Versuche eine Temperatur von 15°, ebenso Milchsäureprozentage stets Vol.-pCt.

2) Ausführlicheres und nähere Beschreibung der Hefen folgt in Kürze bei anderer Gelegenheit.

3. Kahlhefe II. (*Saccharomyces Mycoderma* II).

Die Häute dieser ebenfalls stets auf Sauerkrautbrühen erscheinenden Art sind im allgemeinen mehr matt (junge Vegetation), bei hinreichender Dicke allerdings denen der vorigen ähnlich. Mikroskopisch von dieser sofort durch ellipsoidische Gestalt unterscheidbar.

Versuch: 40 *ccm* Nährlösung mit 0,4 *ccm* konzentrierte Milchsäure. Entwicklung ungefähr gleichschnell wie bei voriger; nach 7 Tagen volle gefaltete Decke, die Flüssigkeit rötet jetzt noch Lakmus. Nach 3 weiteren Tagen ist die saure Reaktion in schwach alkalische übergegangen¹⁾.

4. Untergärrige Hefe. (*Saccharomyces cerevisiae*-Form).

Aus Krautbrühe isoliert. Versuchsordnung wie vorher. Nach 10 Tagen ist die Säure der Nährlösung unverändert, ein Wachstum hat kaum stattgefunden.

5. Gemenge der genannten Arten

in nicht sterilisierter verdünnter Krautbrühe (aus Gärbottich).

1. Versuch: 50 *ccm* Brühe mit Zusatz von 0,5 *ccm* konzentrierter Milchsäure bedecken sich in offenstehendem ERLÉNMEYER-Kolben binnen 3 Tagen mit Kahlhaut (meist *Oidium*). Untersuchung nach 7 Tagen: Lakmusreaktion neutral. — Säureverbrauch also durchschnittlich 87 *mg* in 24 Stunden.

2. Versuch: 100 *ccm* derselben Brühe mit 1 *ccm* Milchsäure versetzt, in offenstehender Glásshale von 20 *cm* Durchmesser, bedecken sich mit zarter aus *Oidium* und Kahlhefe No. II bestehender Haut (getrennte Bezirke). Nach 7 Tagen reagiert die Flüssigkeit schwach alkalisch. Hier ist also in weniger als derselben Zeit das Doppelte an Milchsäure verschwunden, d. h. durchschnittlich 174 *mg* pro Tag.

Stellt man nach vollendeter Entsäuerung die gleiche Säurekonzentration wieder her, so wiederholt sich der Vorgang.

Die Säurezerstörung, wie sie durch die Pilzhäute der Sauerkrautbrühen herbeigeführt wird, kommt hiernach allen drei Arten zu, die Energie ist ziemlich die gleiche. Möglich, dass auch noch andere Kahlhefen dasselbe leisten, gerade solchen geben ja säuerliche

1) Alle drei Organismen werden durch Alkaleszenz der Nährlösung nicht gestört.

Flüssigkeiten einen guten Entwicklungsboden ab. In der Harmlosigkeit und direkten Brauchbarkeit der freien organischen Säure für diese Organismen haben wir überhaupt wohl den Grund für deren konkurrenzlose und schnelle Entwicklung zu suchen. Sobald die Milchsäure da ist, d. h. sich auf 0,5—1 pCt. angesammelt hat, erscheint — anfänglich spärlich aber bald zu enormen Massen anwachsend — die Kahlflora. Dass von Schimmelpilzen da nur *Oidium lactis* stets in Frage kommt, ist nicht ohne Interesse, geradeso regelmässig wie bei der Gurkensäuerung¹⁾ tritt dieser Pilz also bei der Sauerkrautgärung auf, andere Schimmelformen (so auch *Penicillium*) sind seltene Ausnahmen.

Decken von *Aspergillus niger* zerstören, wie ich bei früherer Gelegenheit zeigte, verdünnte Lösungen freier Oxalsäure, solche von *Citromyces Pfefferianus* diejenigen von Zitronensäure, da beide Pilze²⁾ diese Säuren auch selbst bilden, lag es nahe festzustellen, ob ähnliches auch für die Kahlorganismen gilt. Das scheint aber nicht der Fall. *Oidium lactis*, den man wohl gelegentlich zum Sauerwerden der Milch in Beziehung setzte, änderte in bis zweiwöchentlichen Kohlsaftkulturen deren Acidität nicht; er kommt da aber etwas schneller zu einer üppigen Entwicklung als in stark sauren Lösungen, deren gesamter Nährwert in unseren Versuchen (alte Krautbrühe) freilich hinter den des noch unveränderten zuckerhaltigen Saftes erheblich zurücktrat. Übrigens ist die für obige Versuche benutzte älteren Gärbottichen entnommene Brühe auch ohne besonderen Säurezusatz ein durchaus zusagender, ansehnliche Kahldecken liefernder Nährboden. — Trotz ihres ausgesprochenen Oxydationsvermögens wachsen die beiden Kahlhefen nicht bloß als Decke, unter geänderten Bedingungen (in Bierwürze z. B.) ist das vielmehr die Ausnahme, sie vermehren sich hier reichlich als Bodensatz und erzeugen — ohne eigentliche Gärungserscheinungen zu erregen — nach längerer Zeit auch etwas Gas³⁾ und Alkohol.

1) ADERHOLD, l. c.

2) Das bekannteste hierher gehörige Beispiel sind übrigens die Essigbakterien.

3) Im EINHORN'schen Gärungssaccharometer lieferten sie erst nach Wochen bis 1,5 ccm Gas.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1903

Band/Volume: [21](#)

Autor(en)/Author(s): Wehmer Carl Friedrich Wilhelm

Artikel/Article: [Über Zersetzung freier Milchsäure durch Pilze 67-71](#)